BnF Gallica

La Science au XXe siècle : nouvelle revue illustrée des sciences et de leurs applications / directeur Georges Maneuvrier

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

BnF Gallica

. La Science au XXe siècle : nouvelle revue illustrée des sciences et de leurs applications / directeur Georges Maneuvrier. 1903.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter **utilisation.commerciale@bnf.fr**.

TOME 1. — PREMIÈRE ANNÉE. 1903

LA SCIENCE AU XX^E SIÈCLE

NOUVELLE REVUE ILLUSTRÉE

DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS

Directeur

GEORGES MANEUVRIER

PARIS

Librairie Ch. DELAGRAVE

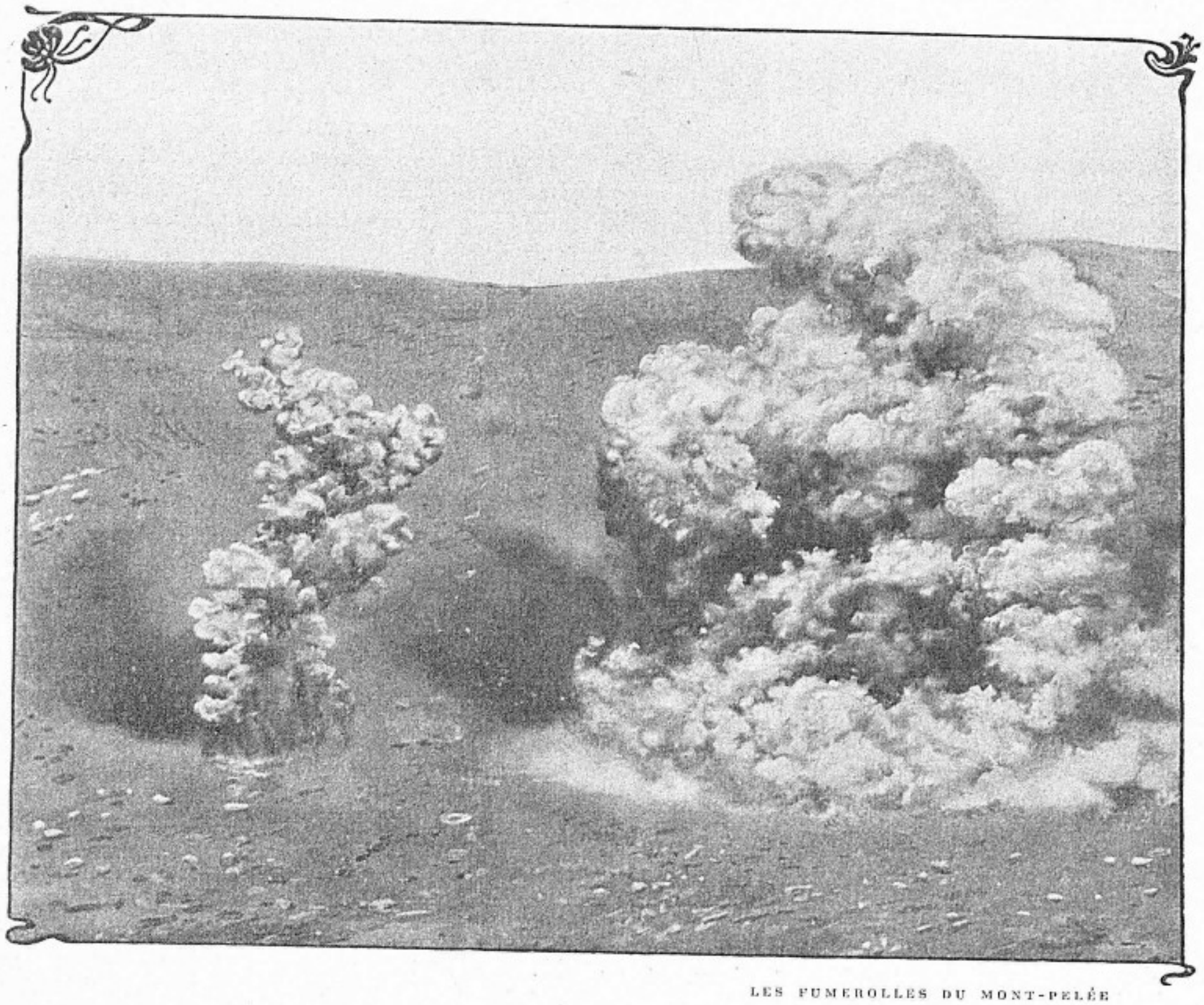
15, RUE SOUFFLOT

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

206

LA SCIENCE AU XX^E SIÈCLE

COULOMMIERS
Imprimerie PAUL BRODARD.



LES FUMEROLLES DU MONT-PELÉE

PHYSIQUE DU GLOBE

LES GAZ DES FUMEROLLES DU MONT-PELÉE A LA MARTINIQUE.

Au moment où M. Lacroix a été chargé d'une mission à la Martinique au nom de l'Académie des Sciences, nous l'avons prié de recueillir à notre intention quelques échantillons de gaz provenant des *fumerolles* du Mont-Pelée. Avec sa bienveillance habituelle, il a parfaitement accueilli notre demande et il nous a remis ces échantillons au retour de son premier voyage à la Martinique.

Voici tout d'abord quelques détails sur ces fumerolles, donnés par M. Lacroix dans son rapport sur le cataclysme de la Martinique. « Il nous a été possible d'étudier les nombreuses fumerolles plus accessibles que les gaz du cratère, fumerolles qui se rencontrent dans la vallée de la rivière Blanche, depuis son origine jusqu'à la mer, et dans la partie inférieure du cours de la rivière sèche.

« Quelques-unes de ces fumerolles se rencontrent dans le lit même de ces deux rivières, et notamment près de leur embouchure. Mais le plus grand nombre sont disposées, isolées ou par groupes, sans ordre apparent, dans toutes les parties de la vallée de la rivière Blanche, et plus au nord jusqu'à la rivière située près de l'habitation Canonville. Notons enfin qu'une fumerolle isolée a fonctionné jusqu'aux premiers jours de juillet à l'embouchure des Pères.

« Toutes ces fumerolles sont, on le voit, distribuées ou localisées sur le revers sud-ouest de la Montagne Pelée.

« Les fumerolles que nous avons étudiées se comportent très différemment, suivant qu'elles aboutissent à l'air libre ou qu'elles débouchent dans le lit des rivières.

« Celles qui se font jour dans les conglomérats volcaniques, au milieu de la cendre ou dans les fissures du sol ancien, ne donnent relativement que peu de vapeur d'eau; celle-ci n'est souvent pas apparente au soleil; mais il suffit d'en intercepter les rayons, en recouvrant l'orifice avec un morceau d'étoffe, par exemple, pour qu'elle devienne immédiatement perceptible. Ces fumerolles ont, en général, une température oscillant autour de 100° C. Elles contiennent une assez grande proportion d'hydrogène sulfuré, dont la décomposition détermine à l'orifice des cristallisations de soufre.

« Des fumerolles plus chaudes accompagnent parfois les précédentes; leur température, à 0 m. 10 de profondeur à partir de la surface du sol, est voisine de 400° C. Le plomb y fond en effet facilement, alors que le zinc reste intact : un thermomètre gradué jusqu'à 410° C. y a été brisé à bloc. A leur émergence, ces fumerolles donnent d'abondantes cristallisations de sel ammoniac, accompagné par un peu de soufre et plus rarement de *réalgar*. »

Les échantillons de gaz rapportés par M. Lacroix provenaient de ces dernières fumerolles.

Le gaz était recueilli grâce à une aspiration déterminée par un écoulement d'eau, et au moyen d'un tube de porcelaine qui plongeait au milieu de la fumerolle.

Lorsque les flacons ont été remplis, on les a fermés rapidement avec un bouchon de verre très bien rodé et enduit de cire blanche, procédé commode, indiqué par M. Berthelot pour la conservation des gaz. M. Lacroix avait eu soin de couler de la cire liquide dans l'espace annulaire du goulot et de recouvrir le tout d'un mastic fondu qui, en se solidifiant, devenait très résistant.

Après plusieurs mois, les flacons ont été ouverts sur la cuve à mercure avec facilité et se sont remplis à moitié ou au tiers, par suite de la diminution de pression provenant de la condensation d'un grand excès de vapeur d'eau. Les quatre échantillons d'un litre que nous avons étudiés se sont conduits de même, et, à cause de cette forte diminution de pression, nous pouvons être certains de la bonne fermeture de ces flacons.

L'analyse qualitative de ces gaz nous a démontré qu'ils renfermaient de la *vapeur d'eau*, des traces de *vapeur de soufre*, une très petite quantité d'*acide chlorhydrique*, des gaz absorbables par la potasse, sans hydrogène sulfuré, et formés surtout d'*acide carbonique*, de l'*oxygène*, de l'*azote*, de l'*argon*, et enfin des gaz combustibles ne contenant pas d'acétylène, mais riches en *oxyde de carbone*, en *hydrogène* et en *méthane*.

Les quatre échantillons de gaz nous ont fourni les chiffres suivants :

	1	2	3	4
Gaz absorbables par la potasse.	16,80	13,58	16,42	15,38
Oxygène	11,60	11,11	12,14	13,67
Azote et argon	59,20	64,10	60,53	35,65
Gaz combustibles	11,60	11 »	10,64	15,30

Ces quatre échantillons renferment des gaz combustibles en quantité assez notable. Si l'on fait une étude plus approfondie de ce mélange, après l'avoir traité par la potasse pour absorber l'acide carbonique, puis par le phosphore à froid pour absorber l'oxygène, il est facile de démontrer, au moyen d'une goutte de sous-chlorure de cuivre ammoniacal, qu'il ne contenait pas trace d'acétylène. M. Fouqué a déjà mentionné que, dans les éruptions de Santorin, les gaz dégagés ne renfermaient pas d'acétylène.

Ces gaz ne contiennent pas non plus de *carbures éthyléniques*, car, traités par le brome avec précaution, au moyen du procédé de M. Berthelot, le volume n'a pas diminué. Il en a été de même en présence de l'acide sulfurique concentré. Enfin, la quantité d'acide carbonique fournie par la combustion dans l'eudiomètre en présence d'oxygène était, par exemple, dans une de nos analyses, de 0,2, et l'oxygène brûlé 0,8, ce qui nous indique que le méthane était accompagné d'hydrogène.

Ces gaz combustibles renferment aussi de l'oxyde de carbone, dont nous avons démontré nettement la présence grâce à l'action exercée par ce composé sur l'hémoglobine.

En effet, une solution étendue de sang, agitée avec un échantillon de gaz, a donné des *bandes caractéristiques* et n'a pas fourni la *bande de Stokes* par l'addition d'une petite quantité de sulfhydrate d'ammoniaque. L'oxyde de carbone a été dosé au moyen du sous-chlorure de cuivre en solution chlorhydrique après séparation des gaz absorbables par la potasse et après séparation de l'oxygène.

Nous avons rencontré dans cet échantillon de gaz une quantité d'argon de 0 cm³ 71 p. 100, et, après la séparation de cet argon, qui ne renfer-

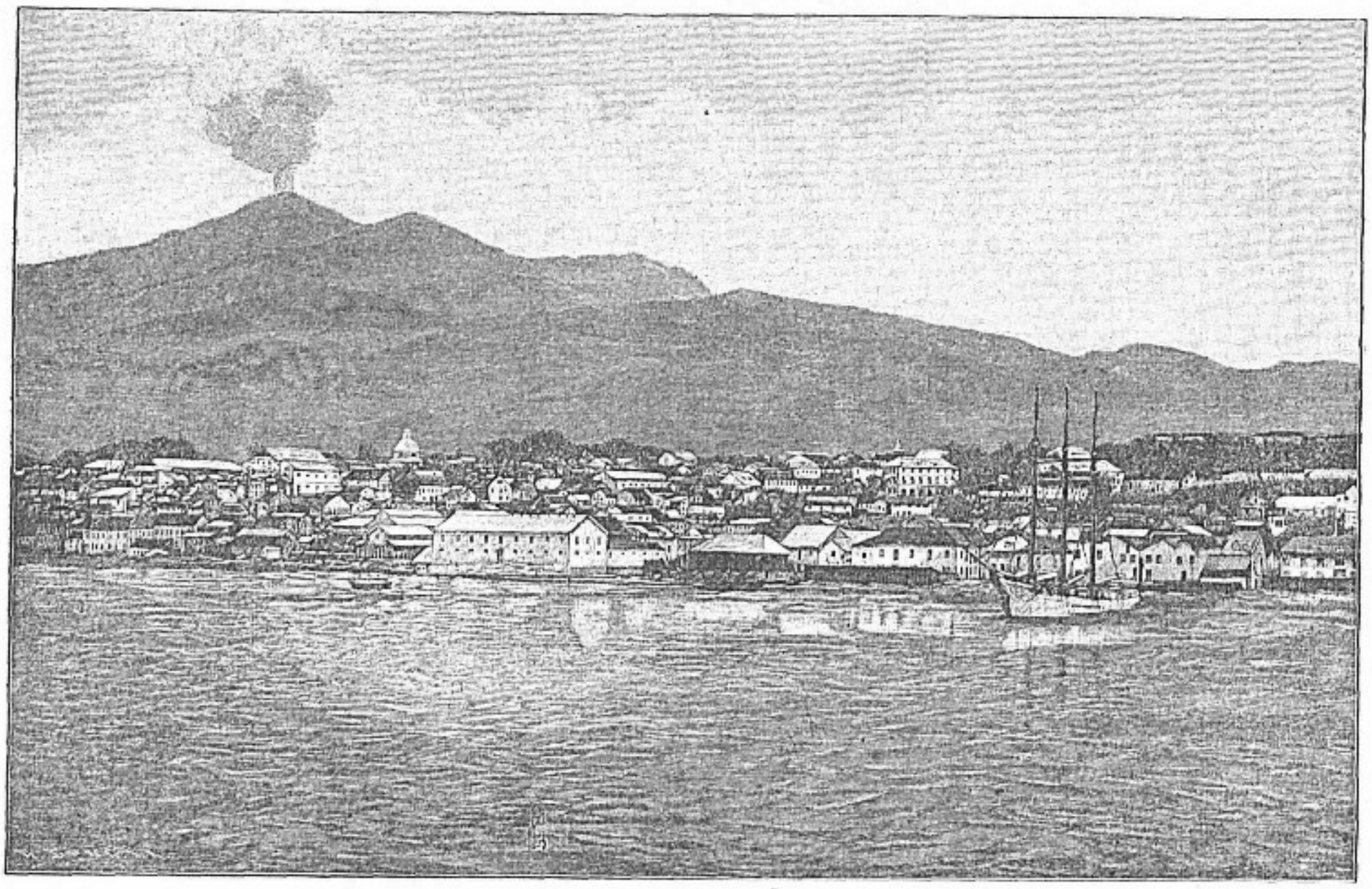
mait pas d'hydrogène, d'après son analyse eudiométrique, nous en avons fait un *tube de Plücker* qui nous a donné le spectre caractéristique de ce corps simple. Ce résidu gazeux ne nous a pas fourni le spectre de l'*hélium*.

D'après ces analyses, nous pouvons établir, de la façon suivante, la composition de l'échantillon de gaz n° 4.

Eau	gaz saturé.
Acide chlorhydrique	traces.
Vapeur de soufre	traces.
Hydrogène sulfuré	néant.
Acide carbonique	15,38.
Oxygène	13,67.
Azote	54,94.
Argon	0,71.
Acétylène	néant.
Éthylène	néant.
Oxyde de carbone	1,60.
Formène	5,46.
Hydrogène	8,12.

Les émanations gazeuses recueillies dans les fumerolles du volcan du Mont-Pelée renferment, à côté des gaz que l'on a mentionnés déjà dans d'autres éruptions volcaniques, une quantité notable de gaz combustibles, hydrogène, oxyde de carbone et méthane, et, de plus, une certaine quantité d'argon.

La quantité assez grande d'oxygène rencontrée dans cet échantillon peut laisser croire qu'une aspiration d'air s'est produite au moment où les flacons ont été remplis. La présence d'un grand excès de vapeur d'eau qui, par sa condensation, déterminait un vide assez grand, peut avoir été aussi une des causes de cet appel d'air. On sait du reste combien il est délicat de recueillir dans les fumerolles des échantillons de gaz bien purs. Bunsen et, plus tard, M. Fouqué ont insisté sur les difficultés de ces prises d'échantillons et, dans les conditions où se trouvait M. Lacroix, ces difficultés ne pouvaient être évitées.



VUE DE SAINT-PIERRE AVANT L'ÉRUPTION.

Quoi qu'il en soit, si nous admettons que cette teneur d'oxygène provienne d'une aspiration d'air atmosphérique, nous devrons corriger notre analyse qui nous donnera une teneur d'environ 15 p. 100 de formène et de plus de 4 p. 100 d'oxyde de carbone.

Dès lors nous sommes frappés de la grande quantité de formène que contient le gaz des fumerolles du Mont-Pelée. Il est vraisemblable que ce carbure d'hydrogène provient de la décomposition de carbure d'aluminium qui se trouve dans les couches profondes de la terre.

Nous avons démontré en effet que ce carbure

métallique produit un dégagement régulier de gaz formène par sa décomposition au contact de l'eau.

Enfin nous avons été surpris aussi de la dose d'oxyde de carbone qui se rencontrait dans ces échantillons de gaz. Ce fait nous semble important.

Cette teneur élevée en oxyde de carbone (gaz éminemment toxique) permet de comprendre la mort rapide des malheureux habitants de Saint-Pierre.

Dans un de ses derniers rapports (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1er décembre 1902), M. Lacroix fait remarquer, en effet, que « des bouffées de gaz et de vapeur s'échappent du cône sans interruption, soit verticalement, soit horizontalement ». Dans ce dernier cas, on voit de suite quels brusques ravages peuvent produire de semblables nuages gazeux renfermant près de 2 à 4 p. 100 d'oxyde de carbone. Et si nous nous reportons, en effet, au rapport préliminaire présenté à la Royal Society de Londres par MM. Tempest Anderson et S. Flett, nous y trouvons les renseignements suivants :

« L'existence d'une poussée gazeuse formidable, dont l'origine doit être recherchée au nord de la ville de Saint-Pierre, est donc évidente. » Et plus loin, en parlant des malheureux tués sur place au contact du nuage gazeux qui recouvrait la ville : « La position d'un très grand nombre d'entre eux semble indiquer qu'ils ont été surpris par une mort foudroyante : les symptômes d'asphyxie, langue tuméfiée, pendante, contracture des muscles, étaient souvent manifestes. » Et plus loin encore : « Dans les maisons du Carbet, les habitants ont été asphyxiés, conservant des positions naturelles qui semblent indiquer une mort soudaine; leurs vêtements n'étaient point endommagés. » Ces derniers renseignements sont précis. La grande quantité d'oxyde de carbone que nous avons trouvée dans ces gaz rend très facile l'explication de ces terribles phénomènes. Les malheureux habitants qui n'ont pas été brûlés ont été asphyxiés. On comprend dès lors la soudaineté du cataclysme.

La trombe gazeuse qui a passé sur Saint-Pierre, formée de gaz brûlants, de vapeur d'eau et de cendres renfermait en outre une si grande quantité de gaz toxique que rien de vivant n'est resté derrière elle.

H. MOISSAN,
de l'Institut.

TÉLÉGRAPHIE

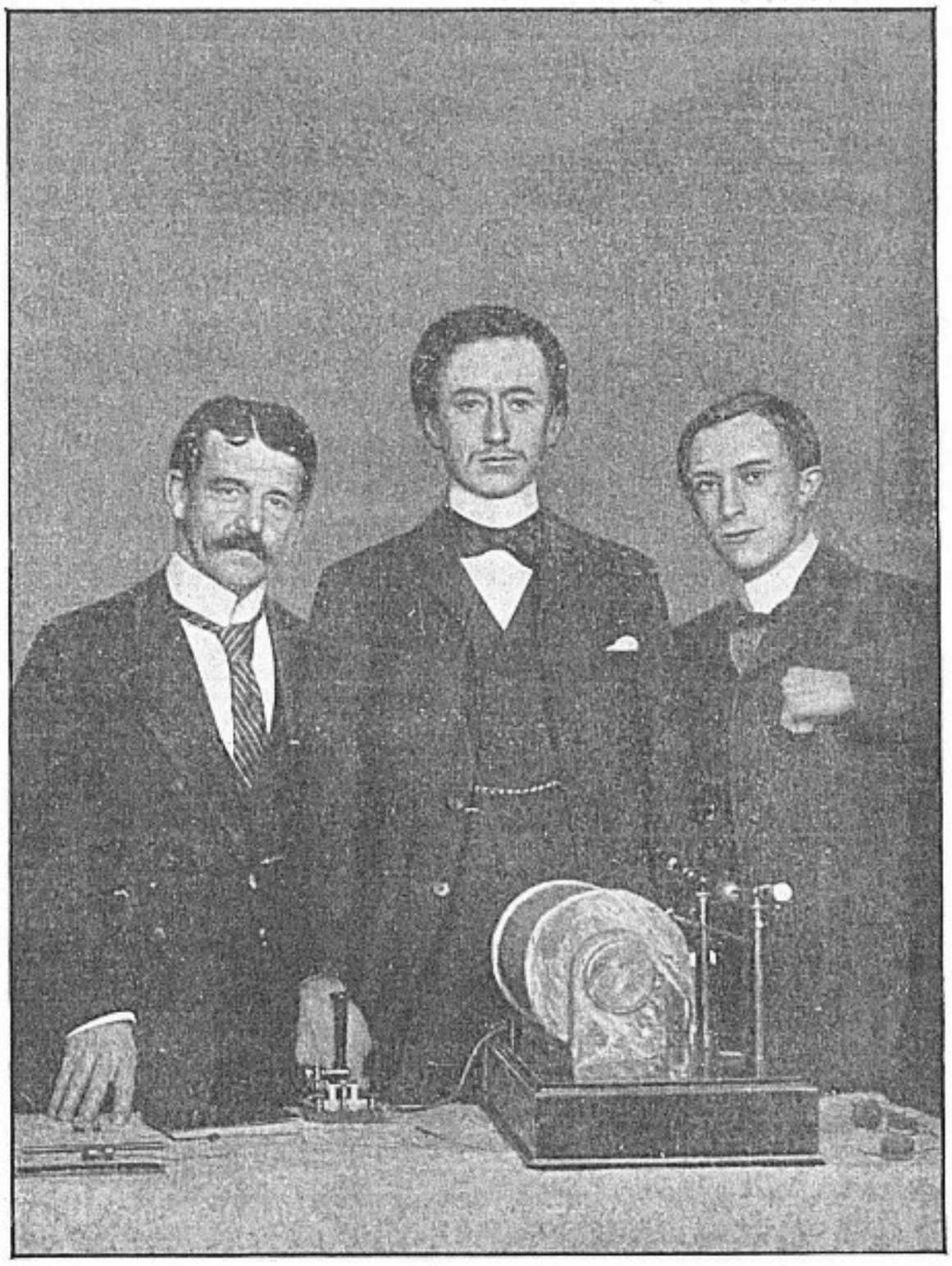
LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL A TRAVERS L'ATLANTIQUE.

Depuis les premières expériences de Télégraphie sans fil faites par M. Marconi en 1896, de nombreux essais furent entrepris de tous côtés pour tâcher de faire passer le nouveau mode de communication dans le domaine vraiment pratique. Il ne semble pas que le but ait été atteint jusqu'à ce jour, les tentatives faites ayant eu seulement pour effet d'augmenter les distances franchies.

Le résultat le plus remarquable a été obtenu récemment par M. Marconi, qui a pu, dans le courant de janvier 1903, recevoir des *hertzogrammes* ou *éthérogrammes* à travers l'Atlantique.

Déjà, vers la fin de 1901, la presse des deux mondes avait annoncé avec enthousiasme que le problème de la communication par télégraphie sans fil entre l'Europe et l'Amérique était résolu par M. Marconi et que des signaux hertziens avaient été échangés entre l'Angleterre et le Canada. Mais en réalité cet échange de signaux s'était borné à la réception, par la station de Terre-Neuve, de lettres transmises par la station anglaise de Poldhu. L'annonce de ces résultats, même ainsi réduits, fut accueillie avec une grande incrédulité dans le monde scientifique; pour beaucoup, les signaux reçus devaient provenir seulement des effets des phénomènes électriques naturels. Cette opinion pouvait être d'autant mieux justifiée que les essais n'avaient été l'objet d'aucun contrôle officiel. M. Marconi continua néanmoins à rechercher des perfectionnements à ses appareils, et vers le 15 janvier 1903, on apprit que des télégrammes officiels avaient pu être échangés par voie hertzienne entre le président Roosevelt et le roi Édouard VII. A vrai dire, le terme *échangé par voie hertzienne* est impropre, car la dépêche émanant du roi d'Angleterre dut, paraît-il, être

transmise par câble, la station anglaise ne disposant pas encore d'une énergie suffisante pour permettre aux ondes de franchir l'Atlantique. Il n'en demeure pas moins acquis que la transmission d'un télégramme a pu être effectuée à travers l'Atlantique sans utiliser comme véhicule autre chose que l'air ou l'eau, ou même les deux, interposés entre les deux continents, et cela malgré l'énormité de la distance (5000 kilomètres environ) et la courbure de la terre.



M. BRADFIELD. M. MARCONI. M. KINGS.

Ce résultat, que l'on peut qualifier de merveilleux, fait le plus grand honneur à M. Marconi. Il avait d'ailleurs été préparé par des expériences déjà très remarquables faites en juillet 1902 entre le cuirassé italien « Carlo-Alberto » et la station anglaise de Poldhu. Au cours du voyage effectué en Russie et dans la Méditerranée, le navire put constamment recevoir les hertzogrammes transmis de Poldhu, alors même qu'il était en rade de Cronstadt, c'est-à-dire à plus de 2000 km., et à Ceyhari en Sardaigne, à 1 000 km. environ, dont 750 de terre ferme.

Avant d'examiner quelles sont les conséquences pratiques que peut entraîner la réussite de ces expériences, il est nécessaire de décrire sommairement les modifications apportées par M. Marconi aux anciens dispositifs[1]. Ces modifications ont porté sur quatre points :

1. Voir ci-dessous la note *Sur le principe de la télégraphie sans fil.*

1° Quantité d'énergie employée à la transmission; 2° Forme de l'antenne; 3° Détecteur d'ondes; 4° Syntonie entre la réception et la transmission.

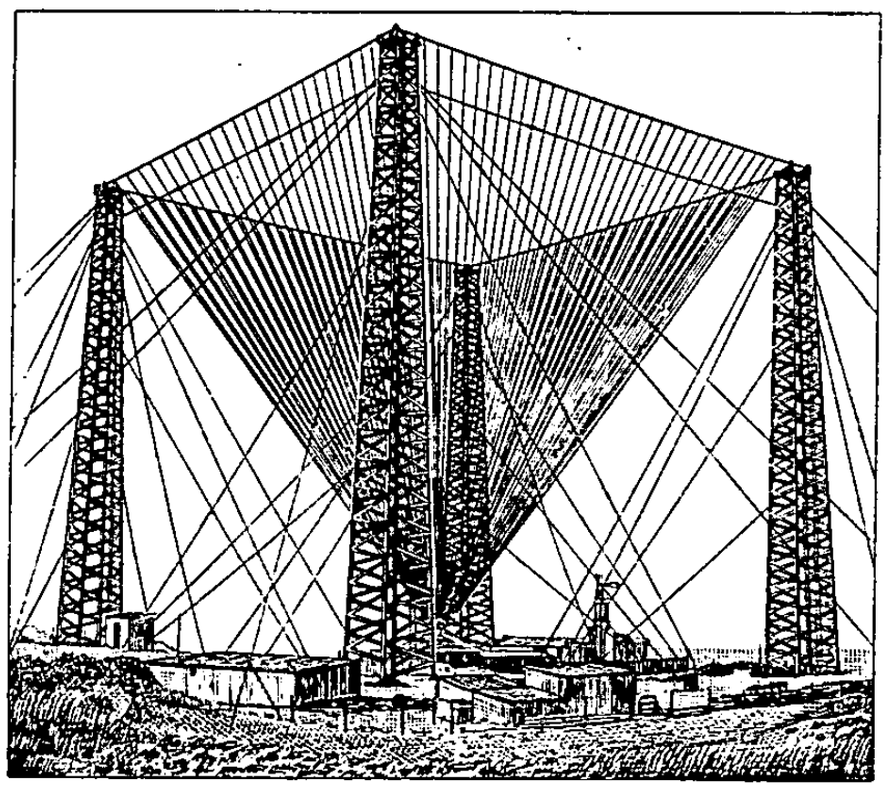
La *quantité d'énergie* généralement employée à la transmission est très faible, 100 à 200 watts au maximum. La bobine de Rhumkorff que l'on emploie dans la plupart des cas ne permet pas en effet d'en utiliser davantage. M. Marconi est parvenu à employer près de 50 kilowatts, en faisant usage d'alternateurs et de transformateurs industriels à très haute tension[1]. Mais on ignore encore les détails de l'installation et en particulier la manière dont est excitée l'antenne, en tous les points de laquelle il est possible, paraît-il, de tirer des étincelles de 30 centimètres de longueur.

La *forme de l'antenne* a été entièrement modifiée. C'était autrefois un fil unique ou un faisceau de fils parallèles plus ou moins écartés, en forme de cylindres ou de prismes. Dans les nouvelles stations, l'antenne est constituée par une multitude de fils disposés suivant une pyramide quadrangulaire renversée de 70 mètres de hauteur, et dont la base a 60 mètres de côté (page 6); celle-ci est soutenue, en ses sommets, par des pylônes de bois. Les fils, après s'être réunis au sommet de la pyramide, à environ 4 mètres au-dessus du sol,

1. L'emploi d'alternateurs et de transformateurs à haute tension en place de bobines Rhumkorff avait déjà été préconisé en 1898 par M. Blondel.

pénètrent dans le bâtiment où sont installés des appareils. Le prix de revient d'une pareille installation est très considérable, et on affirme que chacune des deux nouvelles stations revient à près d'un million.

La nouvelle forme d'antenne est donc caractérisée par une augmentation considérable de la surface conductrice et aussi de l'espace embrassé par elle. Faut-il attribuer l'amélioration constatée avec leur emploi, à leur plus grande capacité électrostatique, ou à l'augmentation de la surface radiante, ou à une autre cause inconnue? La question n'est pas encore résolue et le doute plane toujours sur la théorie des antennes.



STATION DU CAP COD. (MASSACHUSETS).

En ce qui concerne le *détecteur d'ondes* employé par M. Marconi, il est intéressant de remarquer que le cohéreur ou radioconducteur de Branly a été laissé de côté. L'expérimentateur italien, mettant de nouveau à profit des dispositifs déjà connus, est parvenu à construire un détecteur plus sensible et plus régulier que le cohéreur, basé sur un principe indiqué et expérimenté en 1897 par Rutherford : les barreaux minces d'acier aimantés à saturation subissent une désaimantation partielle lorsqu'ils sont soumis à l'action de courants de haute fréquence ou d'ondes hertziennes.

Sans entrer dans les détails de construction des différents dispositifs de M. Marconi, basés sur ce principe, il est intéressant d'indiquer sommairement la constitution de celui qui a donné les meilleurs résultats, et qui offre une certaine ressemblance avec le curieux appareil de M. Poulsen, que l'on a pu voir à l'Exposition universelle de 1900.

En regard des pôles d'un aimant est placé, parallèlement aux lignes de force, un fil d'acier entraîné par des poulies comme une courroie sans fin. Ce fil constitue le noyau mobile d'un petit transformateur dont le primaire est relié à l'antenne et à la terre, et dont le secondaire est connecté à un téléphone ordinaire. L'aimantation du fil d'acier, au voisinage de la bobine, est donc constamment variable d'une manière régulière, les oscillations ou courants de haute fréquence produits dans l'antenne réceptrice par les ondes transmises ont pour effet d'annuler, ou de diminuer l'hystérésis du noyau mobile; il en résulte une variation brusque dans l'induction produite par le noyau aimanté sur le secondaire du transformateur, et, par suite, un son dans le téléphone.

Cet appareil ne nécessite aucun réglage délicat, mais il présente un inconvénient assez sérieux : il ne permet pas l'inscription des télégrammes, ceux-ci doivent être perçus *au son* dans un téléphone. Les opérateurs doivent donc conserver en permanence le téléphone à l'oreille, et toute distraction ou fatigue peut entraîner des pertes de temps considérables, car, avant de demander la répétition d'une ou plusieurs phrases, il faut attendre que la transmission soit entièrement terminée. Il est juste de reconnaître que cet inconvénient n'est pas apprécié de la même manière dans tous les pays : en Angleterre et en Amérique, la presque totalité des transmissions télégraphiques avec fil se fait avec réception au son; en France, au contraire, tous les appareils en service comportent la lecture à la bande.

Enfin M. Marconi a annoncé qu'il était également parvenu à réaliser une *syntonie* à peu près parfaite, c'est-à-dire à *accorder exactement* la réception et la transmission. Faut-il entendre par là que cette syntonie permet d'augmenter la distance de communication en même temps qu'elle empêche un récepteur non accordé d'être actionné, ou bien que le premier résultat est seul atteint? Dans le premier cas, le problème de la multicommunication en télégraphie sans fil se trouverait résolu et le secret des télégrammes serait désormais assuré. Le progrès réalisé serait immense. Il n'en serait pas de même dans le second cas, car on connaît déjà plusieurs moyens de recevoir simultanément deux télégrammes dans deux récepteurs voisins. En particulier, lorsque la réception se fait au téléphone, M. Blondel a indiqué, depuis 1898,

qu'il était possible de sélectionner les télégrammes en faisant usage de monotéléphones Mercadier.

Plusieurs faits démontrent d'ailleurs que les nouveaux dispositifs Marconi n'assurent pas le secret des télégrammes : ceux transmis par la station de Poldhu ont en effet été reçus dans divers postes ordinaires de télégraphie sans fil, situés sur les côtes anglaise et française. On a même pu remarquer que la station correspondante de M. Marconi ne recevait pas d'une manière parfaite, car une certaine dépêche a été répétée pendant 55 heures consécutives. L'inventeur s'était d'ailleurs rendu compte que ses télégrammes pouvaient être interceptés dans une certaine zone, car il faisait usage d'un artifice indiqué par M. Tomasi et qui consiste à faire, en même temps que la transmission réelle, une deuxième transmission quelconque moins énergique, de manière que les postes récepteurs situés dans une zone assez étendue soient actionnés par les deux transmissions à la fois. Mais il a été facile aux observateurs indiscrets de disposer leurs récepteurs de manière à ne recevoir que la transmission la plus énergique, c'est-à-dire la transmission réelle.

Après cette discussion sommaire des modifications apportées aux appareils par M. Marconi, il reste à rappeler les inconvénients que l'on reprochait jusqu'à ce jour à la télégraphie sans fil et à juger des progrès pratiques réalisés. Ces inconvénients étaient les suivants : insécurité des communications, délicatesse des appareils employés, lenteur de la transmission.

L'insécurité des communications était due au défaut de syntonie réelle qui permettait de surprendre ou de troubler les télégrammes : on a vu que cet état de choses demeure encore avec les nouveaux appareils. De plus, des phénomènes électriques naturels gênaient ou empêchaient même parfois complètement toute réception : le rapport du lieutenant Solari sur les expériences du *Carlo Alberto* montre que cette gène subsiste encore.

En revanche, les nouveaux appareils sont moins délicats ; il est vrai qu'ils sont devenus beaucoup plus encombrants et très dangereux par suite de l'emploi de transformateurs à haute tension.

Enfin, la rapidité de la transmission n'a pas été sensiblement augmentée, et l'on n'a jamais atteint la vitesse de 10 mots à la minute. D'autre part, les nombreuses répétitions de dépêches faites au cours des expériences montrent que l'on ne peut pas encore compter sur un service régulier.

Les inconvénients de la télégraphie sans fil n'ont donc pas été sensiblement diminués, mais, en revanche, les distances de communication ont été considérablement augmentées ; cela ne paraît pas devoir constituer un grand avantage en dehors de certains cas assez rares. En effet, autour de chacune des stations à grande portée, il existera une zone étendue dans laquelle il sera impossible d'installer aucune autre station. Il semble donc qu'on ne puisse tolérer l'installation de pareilles usines hertziennes en des pays où les stations à portée moyenne peuvent rendre des services, c'est-à-dire partout où il existe un service de navigation. Leur emploi se trouve donc singulièrement diminué, sinon annihilé.

Il résulte de ces considérations que les récentes expériences de M. Marconi, malgré leurs résultats merveilleux, ne paraissent pas devoir augmenter beaucoup la praticabilité de la télégraphie sans fil, et si l'on doit féliciter sans réserve l'inventeur de sa science et de son habileté, il est permis d'émettre des doutes sur la possibilité d'utiliser commercialement ses nouveaux procédés.

G. FERRIÉ.

NOTE. — Nous croyons devoir être utile à quelques-uns de nos lecteurs en rappelant ici les éléments *essentiels* d'un *Poste de télégraphie sans fil*.

En *principe*, le *Transmetteur* comprend une *Bobine de Ruhmkorff*, au moyen de laquelle on produit les *Ondes hertziennes* (voir page 24). L'une des tiges de l'*Excitateur de charge* est reliée à la terre et l'autre tige à un conducteur soutenu verticalement, dont la longueur dépend de la distance qui sépare les deux stations en correspondance. Ce conducteur est l'*Antenne*. Une seconde antenne, disposée de même au poste *Récepteur*, entre en vibration électrique lorsqu'elle est frappée par les ondes hertziennes qui lui arrivent. Et, comme elle est reliée, d'une manière plus ou moins immédiate, à un *Détecteur* d'ondes, c'est-à-dire à un organe sensible aux oscillations électriques, on est immédiatement prévenu de l'arrivée des ondes envoyées.

On a d'abord exclusivement utilisé comme détecteur le *Radioconducteur* ou *Cohéreur* découvert par M. Branly : il est constitué par une chaine de conducteurs juxtaposés, présentant de *mauvais contacts* aux points de jonction. Le premier type de Cohéreur était un simple tube de verre ou d'ébonite, contenant une limaille conductrice emprisonnée entre deux petits pistons métalliques. Ce *tube à limaille* est intercalé dans le circuit d'une pile locale. A cause de la grande résistance du tube à limaille, le courant qui parcourt le circuit est d'abord insensible, mais il prend une valeur notable lors de l'arrivée des ondes. Car, sous leur influence, la résistance du tube est notablement diminuée. Ce courant qui passe peut alors servir à produire tels signaux que l'on voudra d'une manière suivie, car un choc brusque, automatiquement produit sur le cohéreur, ou sur son support, lui rend sa résistance primitive et le met à nouveau en *état de réception*. On peut aussi fermer et ouvrir à grande distance — et selon un rythme conventionnel (Alphabet Morse) — le circuit d'un enregistreur Morse ordinaire. On peut également faire la réception des signaux au son, à l'aide d'un téléphone. G. M.

HISTOIRE DES SCIENCES

LES TRAVAUX SCIENTIFIQUES DE M. P.-P. DEHÉRAIN.

L'agronomie expérimentale vient de perdre l'un de ses plus illustres représentants : M. P.-P. Dehérain, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle et à l'École nationale d'agriculture de Grignon, est mort le 7 décembre dernier, dans toute la plénitude de cette infatigable activité que montre la longue liste de ses travaux.

Né à Paris, le 19 avril 1830, Pierre-Paul Dehérain fit ses études élémentaires au collège municipal Chaptal, puis, après avoir passé un an à l'École d'administration, il entra comme élève au laboratoire de M. Frémy, au Muséum d'histoire naturelle.

Quelques années plus tard, en 1854, il en sortait pour prendre la place de préparateur du cours de Zoologie appliquée à l'agriculture, que professait M. Baudement, au Conservatoire des arts et métiers. Sa vocation scientifique était alors irrévocablement établie; elle s'affirma bientôt dans le sens agronomique par la publication d'une première note, présentée à l'Académie des sciences en 1857 et relative à la « solubilité des phosphates de chaux fossiles dans les acides naturels du sol ».

En 1856 il avait été nommé professeur de chimie au collège Chaptal; lorsque, en 1864, la chaire de Baudement fut transformée, il quitta le Conservatoire et entra à l'École de Grignon, d'abord comme chargé de cours, puis comme professeur titulaire. Il conserva sa chaire de Chaptal pendant vingt-cinq ans; il occupait encore celle de Grignon au moment où la mort vint le surprendre.

P.-P. DEHÉRAIN.

D'autre part, M. Decaisne, qui lui avait voué une affection toute paternelle, l'avait appelé auprès de lui, en 1872, à titre d'aide naturaliste et directeur du laboratoire de culture, au Muséum d'histoire naturelle. En 1880, P.-P. Dehérain y devenait maître à son tour, en occupant la chaire de physiologie végétale appliquée à l'agriculture, qui fut spécialement créée pour lui permettre d'exposer en public les idées et les travaux qu'il ne pouvait jusqu'alors faire connaître qu'à ses élèves de Grignon.

En 1875, une station agronomique, avec champ d'expériences, fut annexée à son cours de Grignon; c'est là qu'il entreprit cette longue suite de recherches qui l'ont fait connaître dans le monde entier et ont fait de lui l'égal des plus grands agronomes.

Ses travaux, extrêmement nombreux, comprennent plus de 150 titres; ils s'étendent sur une période de quarante-cinq années et ont trait, soit à la physiologie végétale, soit à la pratique agricole dont il s'est surtout préoccupé vers la fin de sa carrière.

Dans le domaine de la physiologie, nous citerons comme particulièrement remarquables : son mémoire relatif à l'assimilation des matières minérales par les végétaux, qui lui valut le prix Bordin en 1865, une étude très documentée de

l'influence qu'exercent les radiations lumineuses sur la transpiration des feuilles et l'assimilation du carbone, une longue suite de recherches sur la respiration nocturne des plantes, sur la végétation dans des atmosphères riches en acide carbonique, sur la germination, la maturation, la migration des principes élaborés, le rôle que jouent les bactéroïdes dans la fixation de l'azote gazeux par les légumineuses, etc.

Dans le domaine de l'agriculture proprement dite, il nous a donné une foule d'indications sur l'emploi des engrais, le choix des semences, la fabrication du fumier et l'utilisation des cultures dérobées d'automne à l'enrichissement naturel du sol.

On lui doit une étude très complète des eaux de drainage, plusieurs mémoires sur la nitrification et la dénitrification; enfin il s'est appliqué longuement à fournir l'explication rationnelle des façons que le cultivateur fait subir à son sol.

En un mot Dehérain s'est occupé de toutes les questions qui intéressent la production végétale; il est parvenu à en résoudre quelques-unes de la façon la plus heureuse, et tous les agronomes ont encore présents à la mémoire les brillants résultats qu'il obtint en cultivant le blé à épi carré sur les terres de M. Porion, à Wardrecques et à Blaringhem, dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais.

C'est cet ensemble de travaux que l'Institut a voulu récompenser en l'appelant, en 1887, à la succession de l'illustre Boussingault, dans la section d'économie rurale.

Les ouvrages qu'il nous laisse témoignent de la justesse de ses vues et de la merveilleuse lucidité de son esprit : son *Cours de chimie élémentaire*, qu'il fit paraître en 1867, avec la collaboration de G. Tissandier, fut pendant longtemps en usage dans l'enseignement secondaire; son *Annuaire scientifique*, dont la publication, commencée en 1862, fut interrompue par la guerre, en 1870, est encore aujourd'hui d'une lecture attachante; son *Traité de chimie agricole*, dont la seconde édition date de 1902, est un véritable monument qui n'a rien de comparable, ni en France, ni à l'étranger; enfin ses *Annales agronomiques*, fondées en 1875, sous les auspices du ministère de l'Agriculture, forment un recueil précieux où, à côté d'une multitude de mémoires originaux, on trouve un résumé complet de tous les travaux intéressant l'agriculture qui ont été publiés depuis cette époque.

Dehérain fut en outre un collaborateur assidu des périodiques où il pouvait faire connaître ses idées personnelles ou exposer les progrès accomplis dans la science agronomique. C'est ainsi que nous avons trouvés signés de lui un grand nombre d'articles du plus haut intérêt dans la *Revue scientifique*, la *Revue des Deux Mondes*, la *Revue générale des Sciences* et diverses publications agricoles.

Plusieurs des leçons d'ouverture du Cours qu'il professait au Muséum d'histoire naturelle ont été insérées dans les *Annales agronomiques*; enfin on lui doit un certain nombre de discours académiques qui tous sont fort remarquables.

Son enseignement, toujours clair et d'une grande correction de langage, fut hautement apprécié par les nombreux élèves qui l'ont suivi, soit au collège Chaptal, soit à l'École de Grignon ou au Muséum; c'est dans l'une de ses classes élémentaires que, dès 1867, l'auteur de cet article apprit à aimer la science et s'attacha à celui qui, pendant trente ans, devait rester son maître.

Affable et bienveillant envers tous, il aidait ses élèves de ses conseils et de toute son influence; au laboratoire, il s'efforçait de leur donner cet amour du travail qu'il possédait lui-même à un si haut degré et ce fut pour lui une douce consolation d'en voir quelques-uns suivre son exemple et devenir ses confrères à l'Académie des sciences.

Cet immense labeur de près d'un demi-siècle l'avait peu à peu fatigué; il n'en continuait pas moins son service et ses recherches. Lorsque la maladie vint l'arrêter il se proposait de reprendre l'étude de la végétation du lupin, qu'il avait déjà suivie de près, en commun avec M. Demoussy, son assistant au Muséum; il venait de présenter à l'Académie, dans sa séance du 27 octobre 1902, sa dernière note sur la culture du blé au champ d'expériences de Grignon.

Sa perte est grande pour la science à laquelle il s'était adonné; elle est irréparable pour tous ceux qui l'ont connu de près et ont pu puiser largement aux trésors de son cœur.

L. MAQUENNE,
Professeur au Muséum d'histoire naturelle.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

LES AUTOMOBILES AU DERNIER SALON.

Lorsqu'on écrira, plus tard, l'histoire du mouvement scientifique en France, à la fin du XIX^e^ siècle et au commencement du XX^e^, on ne pourra pas se dispenser de réserver un chapitre spécial à l'influence de l'automobilisme sur le développement général des connaissances techniques dans notre pays.

Il y a dix ans à peine, un homme « de bonne compagnie » ignorait généralement, à fond, les principes les plus élémentaires de la mécanique, pour lesquels, d'ailleurs, il professait souvent le plus profond dédain. L'automobile est venue, la mode s'en est mêlée, et dans les salons les plus « selects » on parle, avec compétence, d'*allumage électrique*, de *moteur*, de *carburation*, de *différentiel*.

La mode a quelquefois du bon, car rien n'est plus instructif que le maniement d'une voiture automobile, de cet engin complexe où l'on trouve accumulées toutes les applications industrielles de la mécanique et de la physique.

Un bon automobiliste connaît les moteurs et par là un peu de thermodynamique ; les transmissions, les engrenages et, par suite, de la cinématique ; les dynamos, les bobines inductrices, les piles et, par suite, les applications les plus usuelles de l'électricité ; ou, du moins, s'il ne sait pas tout cela, il y a touché, il s'y est intéressé et l'horizon de ses connaissances s'est étendu.

Le nombre des privilégiés qui peuvent étudier l'automobile *in anima vili* est cependant encore restreint à cause du prix trop élevé des voitures actuelles. Nous croyons donc rendre service à nos lecteurs en faisant précéder cette rapide revue des progrès de l'automobilisme de quelques explications relatives aux organes principaux d'une voiture sans chevaux.

Description générale.

Un véhicule automobile comprend essentiellement : un moteur, à un, deux, trois ou quatre cylindres, avec tous ses accessoires (carburateur, allumage, etc.), des transmissions et les diverses commandes de tous ces organes, y compris la direction de la voiture.

Le tout est installé dans ce qu'on appelle le *châssis*, sur lequel on agence la carrosserie.

Châssis. — Le châssis est un cadre, généralement rectangulaire, en tubes d'acier ou en acier *embouti*, c'est-à-dire formé de tiges obtenues en incurvant de longues bandes de tôle d'acier de façon à leur donner la forme de rigoles dont la section ressemble à un U.

C'est dans ce châssis que sont installés tous les organes moteurs, et il repose lui-même, par l'intermédiaire de ressorts, sur les essieux des roues.

Sur ce cadre rigide, qui constitue l'ensemble *mécanique* de la voiture, on place la *carrosserie*, sièges, coussins, capotes, etc.

Un des principaux défauts des châssis actuels provient de ce que leur agencement est défectueux. Les divers organes sont difficiles à atteindre, difficilement réglables ou réparables. On dirait que parfois le constructeur complique à plaisir le montage de la voiture pour obliger le client à lui ramener son véhicule pour la moindre réparation. L'un des châssis les plus intelligemment conçus à ce point de vue est celui de MM. Renault frères, que nous reproduisons ci-contre. La figure 2 est une vue de ce châssis prise par *en dessus*, la figure 3 montre le châssis retourné, vu *par-dessous*. Tous les organes sont simples, bien visibles et ce n'est pas là une qualité négligeable. La figure 4 est une vue de la voiture complète avec sa carrosserie sortant de la maison Kellner et fils.

Moteurs. — Les moteurs usités en automobilisme sont de trois types distincts : moteurs à vapeur, moteurs électriques et moteurs à pétrole ou à essence. Ces derniers sont les plus usités et nous nous contenterons aujourd'hui de les décrire.

Les moteurs à pétrole produisent de l'énergie par une succession d'explosions d'un mélange d'essence vaporisée et d'air en quantité convenable ; le type le plus répandu est le moteur à quatre temps dont voici le principe : dans un

cylindre A peut se déplacer un piston P qui, par une bielle B, actionne un volant V.

Il suffit d'examiner la figure 1, qui est une coupe d'un moteur schématique (débarrassé de tous ses détails pour la clarté), pour voir que, lorsque le volant V tourne dans le sens de la flèche F, le point d'attache I décrit le cercle pointillé et le piston P est animé d'un mouvement de va-et-vient dans le cylindre. En fait, c'est le contraire qui a lieu et c'est le piston qui, en montant et descendant, fait tourner le volant au moyen de la bielle, comme un bras humain qui tourne un volant de pompe.

L'extrémité supérieure du cylindre est en communication avec une cavité C qui contient deux soupapes S et T et, de plus, ce qu'on appelle une *bougie électrique* E, capable de produire des étincelles.

Pour nous rendre compte du fonctionnement du moteur, supposons-le en marche : le piston P est en haut de sa course et commence à descendre; le vide se fait derrière lui; la soupape S s'ouvre, laissant entrer le mélange tonnant qui vient du carburateur (nous verrons plus loin le fonctionnement de cet appareil).

Arrivé au bas de sa course, le piston n'aspire plus le mélange, et remonte. La soupape S s'est refermée, et le mélange tonnant se trouve comprimé dans la partie supérieure du cylindre, qui forme ce qu'on appelle la *chambre d'explosion*. Au moment où le piston arrive au sommet de sa course une étincelle électrique, dont nous verrons plus bas l'origine, jaillit en E; il s'en suit une explosion qui chasse violemment le piston vers le bas. Enfin le piston remonte tandis que la soupape T se soulève pour laisser les gaz brûlés sortir du cylindre par le conduit M. D'ordinaire la soupape S n'est pas *commandée*; elle est simplement fermée par un ressort (non figuré sur le dessin) et elle s'ouvre d'elle-même au premier temps d'aspiration sous la poussée du mélange gazeux qui arrive par le conduit K. Au contraire, la soupape T est commandée par ce qu'on appelle une *came*. A cet effet elle porte une longue tige N terminée par un bouton L. Ce bouton appuie sur une pièce tournante O, la came, ayant la forme d'un disque circulaire renflé en un point. Ce disque fait corps avec un plateau H qui engrène avec une roue de rayon moitié moindre entraînée avec le volant V. Ainsi, lorsque le volant V fait deux tours, dans le sens de la flèche F, le plateau H (et la came) ne fait qu'un seul tour dans le sens F′. Un ressort R tend à maintenir la soupape T fermée et applique le bouton L sur la came. Dans la position indiquée sur la figure la partie renflée de la came est en contact avec le bouton. Elle le pousse, le soulève et soulève aussi la soupape T. Lorsque le volant aura fait un quart de tour, le piston P sera à fond de course, la came aura tourné d'un huitième de tour et le bouton L, ne se trouvant plus en face du renflement, redescendra, la soupape se fermera pour ne s'ouvrir à nouveau que lorsque la came aura fait un tour.

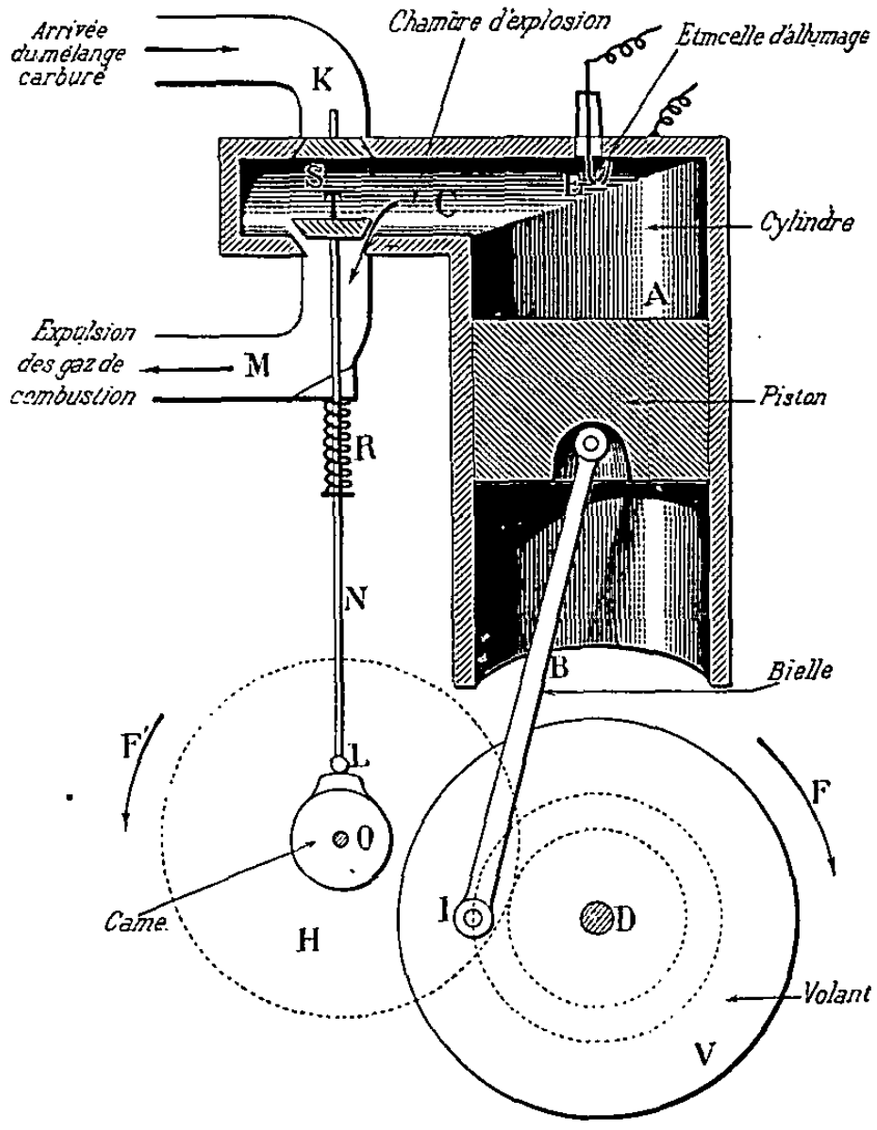


FIG. 1. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN MOTEUR A PÉTROLE A QUATRE TEMPS.

On voit donc, en somme, qu'il y a bien quatre temps : *1er temps. Aspiration* : le piston T descend, la soupape S s'ouvre, la soupape T est fermée; *2e temps. Compression* : les deux soupapes sont fermées, le piston remonte; *3e temps. Explosion* : le mélange gazeux détonne et le piston descend, les deux soupapes sont toujours fermées; *4e temps. Expulsion* : la soupape S est fermée, le renflement de la came ouvre la soupape T et le piston remonte en expulsant les gaz brûlés. Le *cycle* des quatre temps recommence ensuite.

Sur ces quatre temps du moteur *un seul* fournit de l'énergie : le troisième; les trois autres en absorbent, et l'énergie nécessaire leur est

fournie par l'élan du volant. Celui-ci devra donc avoir une taille et un poids suffisants.

Si nous considérons le fonctionnement des soupapes, nous voyons qu'elles agissent d'une façon différente : la première, dite *soupape d'admission*, fonctionne chaque fois que la pression intérieure du cylindre est inférieure à la pression extérieure de l'air, c'est-à-dire au 1er temps; la deuxième, T, au contraire, dite *d'échappement*, ne doit pas être sensible à ces différences de pression et fonctionner seulement au 4e temps : la première *pourra* donc être « automatique » alors que la deuxième *devra* être « commandée » ; nous verrons que, par suite de considérations que nous exposerons plus loin, on a été amené, depuis peu, à les commander toutes deux.

Remarquons, dès maintenant, que, aux quatre temps du moteur, correspondent *deux* tours de l'arbre D du volant, mais seulement *une* explosion, de même qu'une seule levée de l'une ou l'autre soupape : les deux soupapes et l'allumage du mélange seront donc commandés par un arbre auxiliaire O faisant un tour pour deux de l'arbre D; les détails de cet allumage seront exposés au lecteur.

Nous avons considéré le moteur en marche, et, en effet, un moteur à pétrole ne part pas tout seul : on doit, pour le mettre en marche, donner, avec une manivelle, quelques tours à l'arbre D; celui-ci entraîne le piston jusqu'à ce qu'une explosion ait lieu.

Dans les voitures à plusieurs cylindres il y a 2, 3 ou 4 cylindres identiques qui fonctionnent simultanément, mais qui sont réglés de façon que leurs explosions aient lieu successivement.

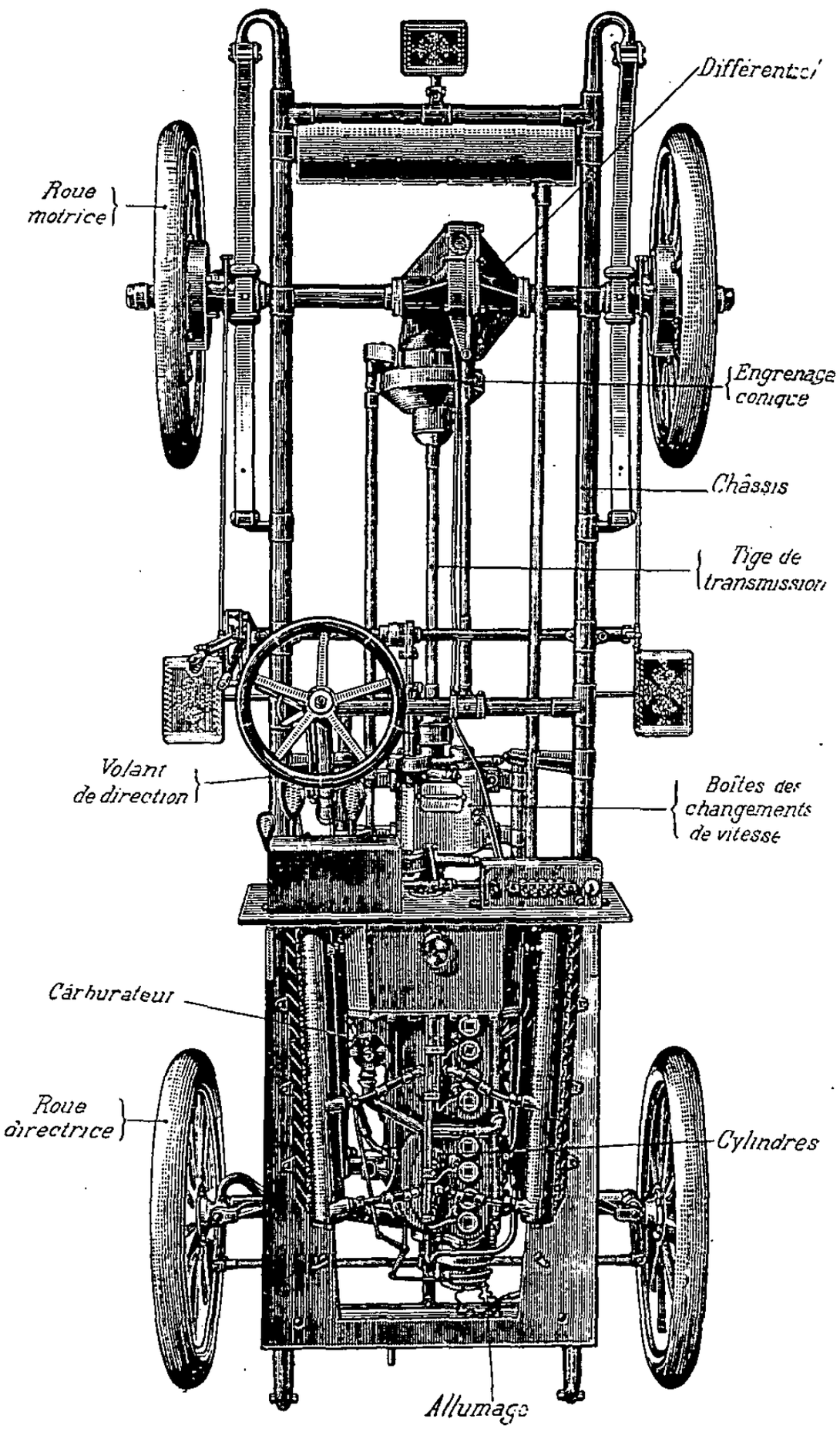


FIG. 2. — VUE DU CHASSIS PRISE *en dessus*.

Carburateurs. — Nous avons dit que le mélange carburé venait au moteur après avoir été formé dans le *carburateur* : cet appareil délicat, comme le savent tous les chauffeurs, se compose d'un vase à niveau constant, maintenant l'essence à quelques millimètres au-dessous d'une petite ouverture : le gicleur. L'aspiration du moteur fait sortir l'essence par l'orifice étroit du gicleur et elle se trouve ainsi pulvérisée comme le parfum par un vaporisateur; cette essence est ainsi dans d'excellentes conditions pour se mélanger à l'air aspiré. On réchauffe parfois le carburateur par un courant d'eau chaude, ou simplement en prenant l'air aspiré au voisinage des parties chaudes du moteur.

Le vase à niveau constant est formé d'un cylindre contenant un flotteur en métal creux : dès que l'essence tend à envahir le cylindre, le flotteur qui monte avec elle entraîne par une tige une soupape qui ferme l'arrivée d'essence; il suffit de régler l'ouverture de l'orifice amenant l'air

pur pour avoir une *bonne carburation*. L'air n'agit dans l'explosion que par l'oxygène qu'il contient : son poids doit être environ 15 fois celui de l'essence. Si l'air est en excès la portion qui ne se combinera pas à l'hydrocarbure pour donner du gaz carbonique et de la vapeur d'eau agira comme gaz inerte, diminuant le volume du gaz actif d'une part et la qualité de l'explosion de l'autre. Est-il en trop petite quantité, le mélange brûle incomplètement, déposant du charbon dans le cylindre, et produisant des fumées bleues de mauvaise odeur, car l'essence ne trouve qu'à la sortie du cylindre l'oxygène nécessaire à sa combustion.

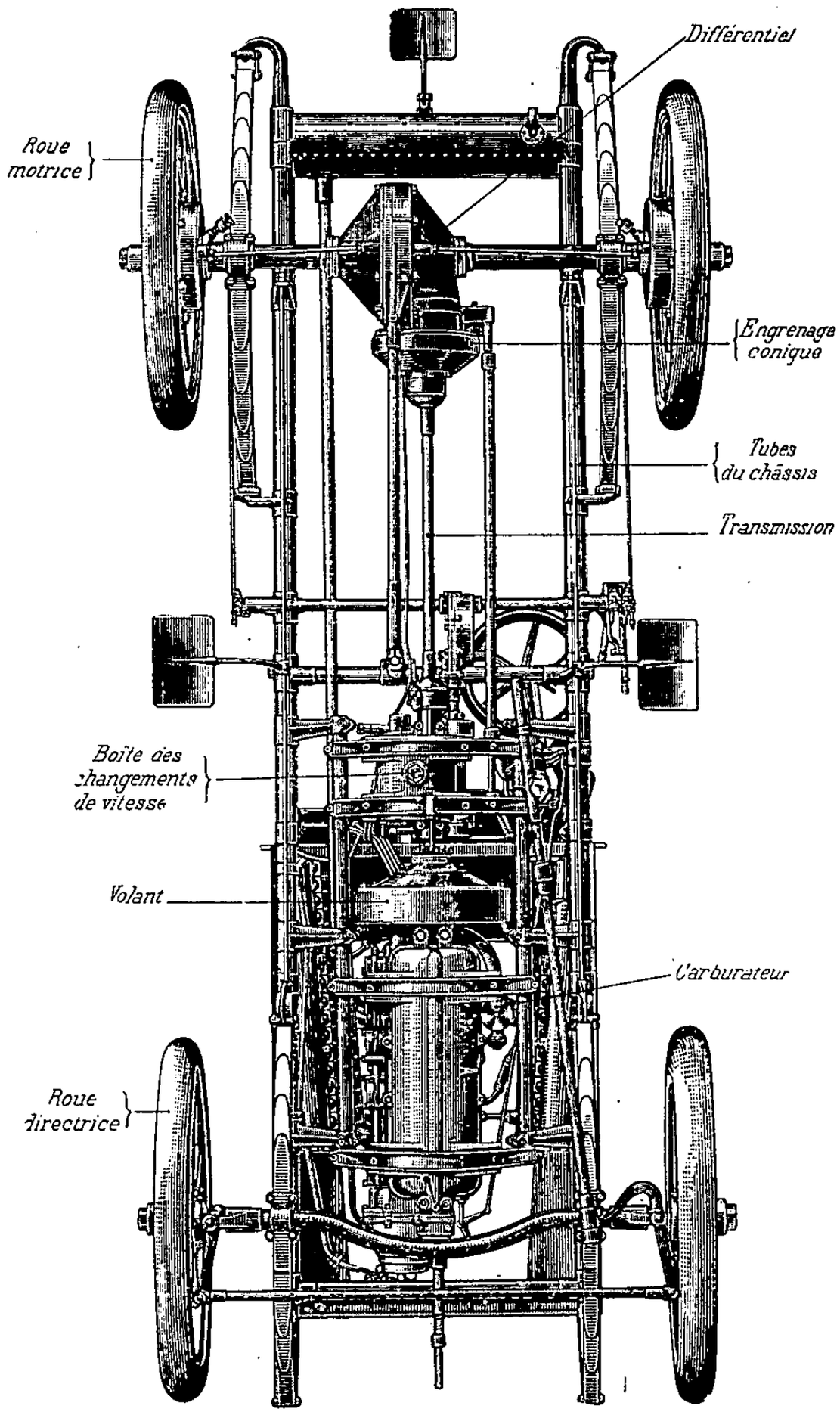


FIG. 3. — VUE DU CHASSIS PRISE *en dessous*.

Changements de vitesse. — Considérons un cylindre de dimensions données fonctionnant avec une carburation parfaite : il fournira, à chaque explosion, un certain travail, soit 10 kgm[1], par exemple. Plus le moteur « tournera » vite, c'est-à-dire plus le nombre des explosions à la minute sera grand, plus grande aussi sera la puissance[2] du moteur. Pratiquement on ne peut dépasser une certaine vitesse : les frottements, nés du mouvement même du piston et de la rotation des arbres, croissent en effet rapidement, sans compter les énormes efforts auxquels seraient soumises les pièces tournant à ces grandes vitesses, et les trépidations insupportables qui en résulteraient. On a donc reconnu que la vitesse la plus pratique était celle de 1 200 tours du volant, soit 600 explosions à la minute. Chacun des « temps » que nous avons étudiés et les mouvements accessoires qui en résultent, s'effectuent donc 10 fois par seconde.

Puisque c'est à cette vitesse de 1 200 tours que le moteur donne son maximum de force, on devra, autant que possible, le mettre dans des conditions telles qu'il puisse tourner à cette vitesse : de là l'idée des changements de vitesse.

Pour bien la faire comprendre, prenons un exemple. Supposons qu'une voiture pesant 1 000 kg. soit munie d'un moteur de 10 chevaux et qu'en terrain plat, le moteur marchant normalement à 1 200 tours, la voiture fasse 36 km. à l'heure. Elle avancera alors de 10 m. à la seconde et, pendant ce même temps, le travail dépensé sera de 75×10 ou 750 kilogrammètres. Essayons maintenant de faire grimper à cette voiture une côte à 5 p. 100 à la même vitesse. Tous les 10 m. la voiture s'élèvera de 0 m. 50 et le travail nécessaire pour produire cette élévation sera de $1000 \times 0{,}5$ ou 500 kilogrammètres. Le travail total qu'il fau-

1. Rappelons que le *kilogrammètre* est le travail qu'il faut effectuer pour soulever 1 kilogramme à 1 mètre de hauteur.

2. La *puissance* d'un moteur est le travail qu'il est capable de fournir en *une seconde*. Un moteur d'*un cheval* fournit 75 kilogrammètres à la seconde.

drait produire serait donc égal à celui qu'il faut en terrain plat *augmenté* de 500, soit : 750+500 ou 1 250 kilogrammètres à la seconde. Or ce n'est pas possible puisque le moteur ne donne que 750 kilogrammètres. La voiture ne peut donc pas grimper la côte à la vitesse de 36 km. à l'heure. Par suite, elle ralentit. Mais alors il se passe quelque chose de curieux. Si, en effet, *on ne change rien dans la voiture*, le moteur tournera moins vite. Si, au lieu de tourner à 1 200 tours, il ne tourne plus qu'à 600, il y aura moitié moins d'explosions et il donnera, théoriquement, moitié moins de travail ; il ne fournira plus que 375 kilogrammètres à la seconde. Ainsi, à mesure que la voiture ralentirait, le moteur s'affaiblirait et il ne tarderait pas à s'arrêter.

On voit donc qu'il faut qu'on puisse aller moins vite *sans affaiblir le moteur*.

Admettons, en reprenant notre exemple, que les roues motrices de la voiture aient 5 m. de circonférence. Tandis que le volant fera 1 200 tours à la minute, soit 20 tours à la seconde, la voiture avancera de 10 m., les roues motrices auront donc fait *deux* tours. Imaginons alors que nous changions la transmission et que nous la remplacions par une autre telle que, pour 20 tours du volant, les roues motrices ne fassent plus qu'*un* tour. Alors, lorsque le moteur fonctionnera à 1 200 tours, la voiture n'avancera plus que de un tour de roue, soit 5 m. à la seconde et la vitesse ne sera plus que de 18 km. à l'heure. Le problème sera donc résolu, nous aurons diminué la vitesse de moitié sans réduire la puissance du moteur qui fonctionne toujours au maximum.

Toute la question est donc de pouvoir faire ce changement de la transmission *en cours de route*. Ce résultat est obtenu par des dispositifs spéciaux qu'on appelle les *changements de vitesse*. Les voitures actuelles en ont jusqu'à trois et quatre.

Transmissions. — L'ensemble des organes de la voiture destinés à transmettre le mouvement de rotation du volant aux roues motrices qui roulent sur le sol constitue ce qu'on appelle les *transmissions*.

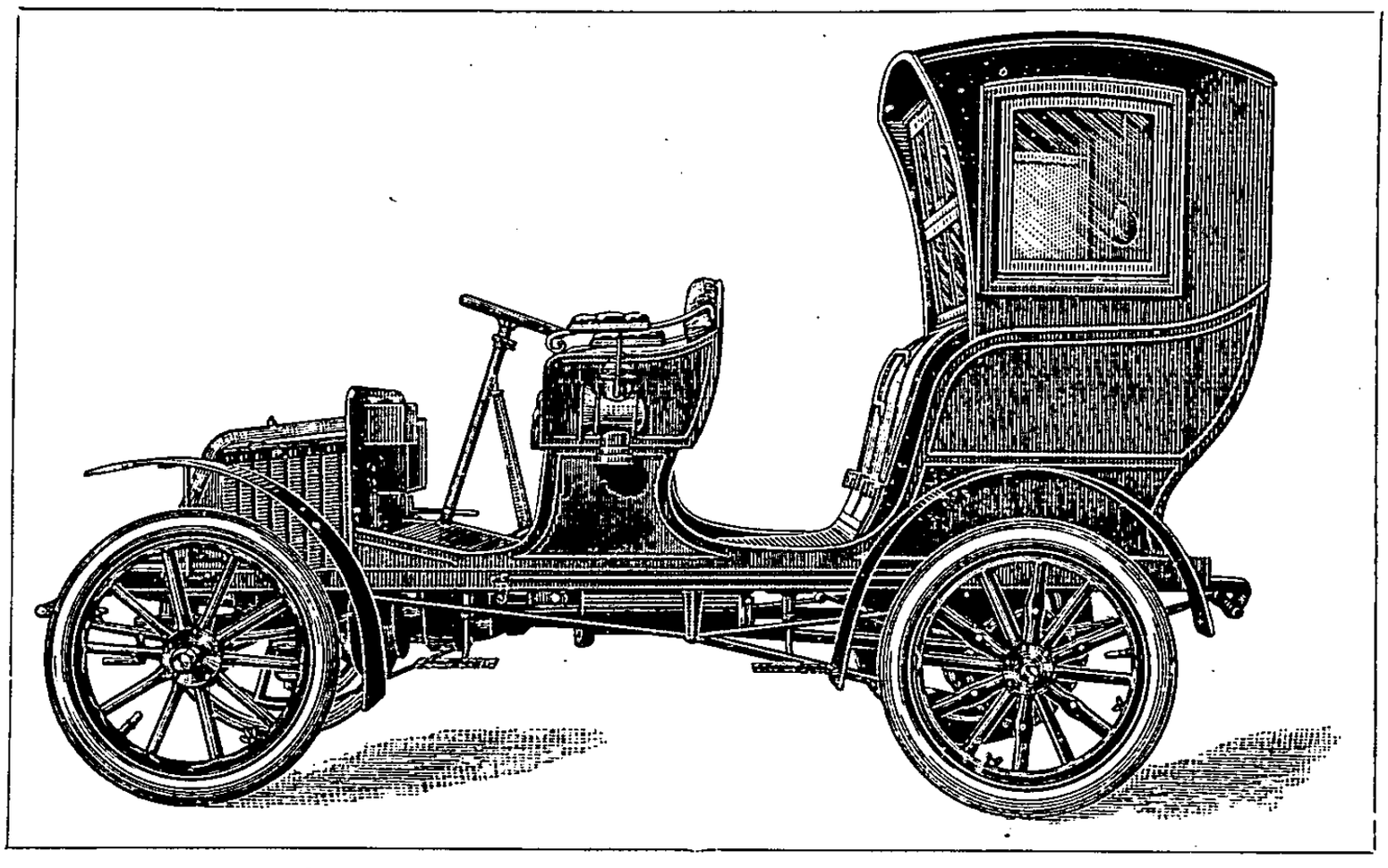


FIG. 4. — VOITURE COMPLÈTE DE LA MAISON KELLNER ET FILS.

D'après ce qui précède on voit que cet ensemble se compose de deux parties : 1° la transmission proprement dite ; 2° la boite des changements de vitesse.

On peut transmettre le mouvement du volant à l'essieu moteur de trois manières : par *courroies*, par *chaînes*, ou par un *joint avec engrenages* ; mais quel que soit le mode adopté il y a une difficulté à vaincre. En effet, le moteur est fixé au châssis d'une façon absolue, les roues, au contraire, n'y sont rattachées que par des ressorts, liaison essentiellement déformable. La transmission devra donc, elle aussi, être déformable, présenter une certaine élasticité pour se plier aux déplacements de l'essieu.

La courroie est aujourd'hui à peu près abandonnée ; mais la lutte est chaude entre les partisans de la chaîne et ceux du joint dit à la « Cardan ».

On comprend aisément que la chaîne soit déformable : elle peut fonctionner avec des tensions assez différentes; mais elle présente deux inconvénients : elle est bruyante dès qu'elle est couverte de poussière ou mal graissée et les maillons s'allongent au bout d'un certain temps, de telle sorte qu'ils deviennent trop longs pour la denture des pignons.

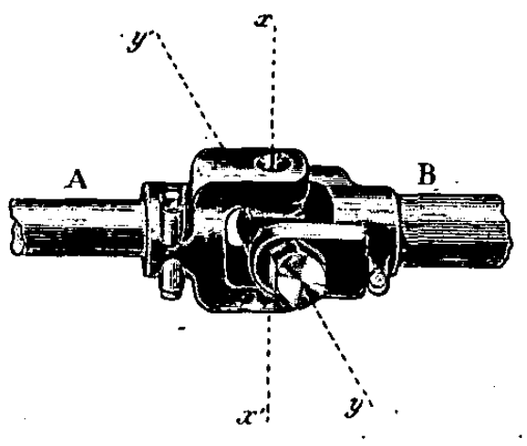


FIG. 5. — JOINT A LA CARDAN.

La figure 5 représente le joint à la *Cardan*, très répandu parmi les voitures légères. A et B sont les deux arbres tournants qu'il s'agit de relier. L'un et l'autre sont terminés par une fourche traversée par un axe. Ces deux axes xx' et yy', rectangulaires, font corps avec une pièce centrale, le *croisillon*, qui les relie. Lorsque l'axe A tourne sur lui-même il entraîne l'axe B, mais, grâce au joint, la liaison n'est pas rigide et B peut osciller. La transmission se complète par un couple de pignons d'angles, car le « cardan » n'a d'autre but que de donner de la souplesse à la transmission. Il faut d'ailleurs remarquer que la chaîne n'exclut pas l'emploi des pignons d'angles. C'est donc à tort qu'on croit souvent qu'ils caractérisent le second type.

Malgré quelques points importants, volontairement laissés dans l'ombre ou omis nous voilà en état de comprendre les Nouveautés du dernier salon qui seront l'objet d'un prochain article.

CARLO BOURLET,
Docteur ès sciences mathématiques.

A. DE GRAMONT DE GUICHE,
Licencié ès sciences.

(*A Suivre.*)

THÉRAPEUTIQUE

L'ARGENT COLLOIDAL OU COLLARGOL.

Le *Collargol*, encore un antiseptique nouveau, et il y en a tant déjà!

Voici un organisme qui a été envahi par des bactéries d'une espèce déterminée, il est en proie à une maladie infectieuse, le médecin doit la combattre; le premier moyen qui s'offre à lui est simple et logique, tout au moins en apparence. Il va prendre un « antiseptique », une de ces substances chimiques auxquelles on a reconnu le pouvoir d'empêcher le développement des microbes; il va injecter cet antiseptique au malade; il va en rendre l'organisme inhabitable pour les microbes; ce sera la guérison. Et c'est ainsi que, tour à tour, on vit les thérapeutes s'efforcer de « saturer » l'organisme de phénol, d'eucalyptol, etc.

Or, pour les esprits attentifs, et non suggestionnés par le désir bien légitime mais très impérieux de la réussite, le résultat fut tout autre que celui qui était attendu.

Il se trouva que les cellules qui composent tous les tissus, tous les organes des animaux et de l'homme, sont beaucoup plus sensibles à l'action des antiseptiques que les microbes eux-mêmes. On essayait successivement l'action de tous les antiseptiques à mesure que les chimistes les découvraient, et toujours le même résultat déplorable était obtenu. Les antiseptiques produisaient une action néfaste sur l'organisme qu'ils avaient mission de protéger; à l'empoisonnement produit par les toxines microbiennes, on ajoutait l'empoisonnement par la substance chimique.

Cependant l'animal envahi par la maladie infectieuse, triomphe quelquefois de cette maladie, même, et surtout, lorsqu'il ne subit aucun traitement. Quel est le mécanisme de cette guérison normale, spontanée?

M. Metchnikoff, de l'Institut Pasteur, montra que les globules blancs du sang ont le pouvoir de se déplacer par de véritables mouvements de reptation, et de poursuivre les microbes au sein de tous les organes, puis de les englober et de les détruire ensuite par un véritable acte digestif. C'est par ce processus de la « phagocytose » que nous triomphons des maladies infectieuses; c'est ce moyen de défense normale que nous réveillons ou que nous stimulons par la sérothérapie.

Mais la préparation, au moyen de l'animal convenablement traité, de sérums analogues à celui de la diphtérie, est laborieuse, très longue

et très dispendieuse; de plus, les sérums ainsi obtenus sont « spécifiques », c'est-à-dire qu'ils n'ont d'action que sur une maladie déterminée; aussi serait-il du plus haut intérêt, scientifique et pratique, de trouver un antiseptique qui serait beaucoup plus toxique pour les microbes que pour les cellules de nos tissus.

A priori, rien n'indique qu'une telle substance ne puisse exister, et les insuccès antérieurs ne doivent point décourager les chercheurs.

Or, depuis longtemps déjà, on sait que les sels de certains métaux, de l'argent en particulier, exercent une action empêchante sur le développement des microbes, et cela à des doses extrêmement faibles, puisqu'un gramme de nitrate d'argent suffit à stériliser 1 600 litres de bouillon de culture; c'est donc un antiseptique trois ou quatre fois plus actif que le sublimé.

Ces faits avaient été mis en évidence, il y a longtemps déjà, par Raulin, un élève de Pasteur. Malheureusement, jusqu'à ces dernières années, tous les sels d'argent connus étaient doués d'un pouvoir caustique et toxique qui les rendait impropres à l'emploi cherché. Or voici que de l'Allemagne nous viennent des modifications allotropiques de certains métaux, désignés sous le nom de métaux colloïdaux, qui sont d'un grand intérêt pour le biologiste.

Voyons d'abord rapidement ce que sont ces métaux colloïdaux. Immergeons deux lames de platine dans de l'eau pure et faisons éclater, à plusieurs reprises, un arc électrique entre ces deux lames; chaque explosion détachera du métal des particules extrêmement ténues, si bien que nous verrons le liquide se troubler peu à peu, devenir opaque et bientôt noirâtre. Cependant les parcelles de métal qu'on suppose disséminées dans le liquide sont si petites qu'elles restent indéfiniment en suspension et que les plus forts grossissements des meilleurs microscopes ne parviennent pas à les mettre en évidence. Le liquide foncé ainsi obtenu — la solution de platine colloïdal — possède de très intéressantes propriétés qui le rapprochent des solutions de ferments solubles; il décompose énergiquement l'eau oxygénée, il est transformé à l'ébullition, etc. Ce que Bredig avait fait tout d'abord pour le platine, il le recommença pour l'or, l'argent; c'est ainsi qu'il obtint l'argent colloïdal ou *collargol*. D'après ce que nous avons dit des propriétés antiseptiques des sels d'argent, il était tout indiqué d'expérimenter, à ce point de vue, le collargol; c'est ce qu'on ne manqua point de faire en Allemagne, peu de temps après sa découverte.

Les expériences montrèrent que le *collargol* introduit dans l'organisme des animaux se comporte comme un corps non caustique et très peu toxique. Au contraire, son action sur les bactéries est très énergique, bien que moins forte que celle des sels d'argent précédemment cités; ainsi une partie de collargol empêche le développement du staphylocoque dans 6 000 parties de bouillon. Enfin, autre résultat fort intéressant, l'argent colloïdal, loin d'entraver le processus normal de défense de l'organisme, la phagocytose, paraît au contraire favoriser nettement l'apparition des globules blancs, c'est-à-dire le recrutement de notre armée de phagocytes.

Nous voici, semble-t-il, en possession d'un antiseptique de choix tel qu'on n'en connaissait pas jusqu'à présent.

Son action sur les maladies infectieuses fut essayée chez les animaux d'abord, et les résultats obtenus dans le traitement de la gourme du cheval, du charbon, etc., furent si encourageants qu'on n'hésita pas à l'employer chez l'homme.

Il est une maladie infectieuse contre laquelle nous sommes particulièrement désarmés, c'est l'endocardite. Les bactéries qui ont envahi l'organisme se localisent dans les cavités du cœur, sur les valvules des orifices et y produisent des désordres très graves qui amènent la mort, ou tout au moins laissent des déformations persistantes. L'injection intra-veineuse de collargol donna chez ces malades des résultats saisissants. Peu de temps après l'introduction de l'antiseptique dans l'organisme, la fièvre tombe, la température revient à la normale, et les symptômes cardiaques s'amendent de la façon la plus marquée. Une récidive survient-elle, une nouvelle injection de collargol amène une nouvelle amélioration subite à laquelle fait suite la plupart du temps une guérison définitive. Tels sont les premiers résultats obtenus en Allemagne d'abord, et en France ensuite par M. Netter, qui a employé le nouveau médicament dans un assez grand nombre de maladies infectieuses.

Ne nous flattons pas du vain espoir d'avoir trouvé une panacée qui guérira toutes les maladies infectieuses; mais il semble bien cependant qu'en poursuivant les recherches dans cette nouvelle voie on découvrira des antiseptiques bien supérieurs à ceux dont on disposait jusqu'à présent.

Dr P. PORTIER,
Chef des travaux au laboratoire de physiologie (Sorbonne).

PÉDAGOGIE

L'ENSEIGNEMENT EXPÉRIMENTAL DES SCIENCES SIMPLIFIÉ.

Il y a déjà plusieurs années, quelques distingués professeurs de nos lycées de Paris, MM. A. Guillet, S. Bloch, E. Carimey, etc., pénétrés de la nécessité de simplifier et de compléter tout à la fois l'outillage expérimental de l'enseignement des Sciences dans les lycées, se réunirent pour échanger leurs idées sur ce sujet, pour les coordonner et les soumettre respectueusement à l'Administration académique. Ils étaient encouragés, soutenus dans ces sentiments par le Directeur du laboratoire des Recherches (physique) de la Sorbonne, M. G. Lippmann, qui se préoccupe depuis longtemps de donner à l'Enseignement des Sciences le caractère expérimental trop sacrifié jusque-là au profit de développements purement mathématiques [1].

Ils choisirent l'un d'entre eux, M. A. Guillet, pour rédiger un rapport qui fut présenté à M. le Recteur de l'Académie de Paris. Ayant été mis, dès l'origine, au courant de cet important mouvement d'idées pédagogiques, il m'est possible d'en résumer ici les points essentiels.

C'est un fait reconnu par tous les physiciens de profession que la plupart des appareils de Physique, luxueusement construits et chèrement acquis, sont généralement d'une utilité médiocre : ils ne servent guère qu'à orner les vitrines des Cabinets de Physique et même à les encombrer ; leur existence et leur emploi aboutissent à arrêter, dans son évolution nécessaire et dans son adaptation indéfinie, l'outillage expérimental. La science marche et les appareils restent. Ils sont souvent inutilisés et inutilisables, parce qu'ils sont à la fois mal établis et insuffisants : car il est indispensable, pour mettre complètement en lumière un phénomène ou une propriété de la matière, de multiplier les dispositifs qui en montrent les différentes facettes en exagérant chacune d'elles successivement.

Partant de cette idée générale, M. A. Guillet expliquait d'abord combien il serait profitable de centraliser entre les mains d'une Commission spéciale, instituée par le Recteur, les dispositifs d'expériences imaginés par les divers professeurs de Paris et de la province : on éviterait par là un véritable gaspillage d'énergie, en faisant profiter chacun d'eux de l'effort et de l'ingéniosité de tous, et en offrant surtout aux jeunes professeurs le moyen d'abréger une longue période initiale de tâtonnements, souvent préjudiciable aux élèves. Une Revue critique mensuelle publierait les travaux professionnels de cet ordre et entretiendrait une émulation constante entre les professeurs et par suite un perpétuel rajeunissement de leur enseignement expérimental ; elle permettrait en outre aux intéressés d'échanger leurs vues et de formuler leurs observations et leurs critiques sur les sujets particulièrement intéressants, ou difficiles, ou délicats de la pédagogie expérimentale.

Cette Commission de centralisation et de publication aurait été chargée en outre de fournir officiellement aux intéressés tous les renseignements relatifs aux matières premières, aux achats d'appareils de constructeur, nécessaires à leur enseignement, et même de les essayer effectivement, avant livraison, dans un laboratoire bien outillé.

Enfin on devait rechercher les moyens de faire collaborer les élèves eux-mêmes au *travail des expériences*. Comment admettre en effet que des jeunes gens assistent jusqu'à vingt ans, en spectateurs passifs, à un enseignement scientifique? Quelle habileté manuelle, quelle hardiesse pratique peut-on exiger de ceux qui entreront plus tard dans les laboratoires des Universités ou des Écoles spéciales? On ne saurait apprendre trop tôt, lorsqu'on se destine à la recherche expérimentale, spéculative ou pratique, à se servir de cet instrument, à la fois si puissamment complexe et si fécond, l'expérimentation. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, qu'une science expérimentale est à la fois une

1. A rapprocher des idées de M. Lippmann l'opinion de M. P. Appell, exprimée dans une publication récente (1901). « En bien des cas, on a enseigné aux élèves, sous prétexte de Physique, de médiocres Mathématiques. La loi de Mariotte sert de masque à d'innombrables problèmes du deuxième degré ; les calculs d'espace nuisible, dans les Machines pneumatiques, permettent d'aligner les équations et de faire de subtiles éliminations ; l'Optique géométrique donne matière à d'élégantes constructions de coniques, etc. »

science et un métier, et qu'on ne peut pas enseigner utilement l'une sans y joindre l'apprentissage de l'autre.

Des circonstances spéciales, sur lesquelles nous n'avons pas à nous expliquer, ne permirent pas alors d'appliquer cet intéressant programme. Récemment, M. le Professeur Abraham fut plus heureux. Il réussit, avec le puissant patronage de la Société de Physique, à réaliser un premier essai de centralisation expérimentale. Son livre, que nous ne saurions trop recommander, sera publié prochainement : il contiendra les dispositifs simples et suggestifs qu'il a imaginés lui-même ou reçus de divers auteurs. Mais un livre a quelque chose d'absolu et de définitif; il se prête mal aux perfectionnements incessants qui doivent être apportés en cette matière par la collaboration ininterrompue des membres si éclairés et si actifs du Corps enseignant. Nous avons l'ambition de compléter, ou du moins de continuer, cette œuvre éminemment utile en revenant au programme sommairement exposé plus haut. Nous sommes d'ailleurs naturellement entraînés, avec tout le Corps enseignant, dans cette direction par le coup de barre vigoureux qu'a donné le pilote énergique et expérimenté, récemment installé au gouvernail de l'Université de Paris. C'est pourquoi nous ouvrons dans notre nouvelle Revue une *Tribune libre de l'Enseignement expérimental* où nous publierons mensuellement les dispositifs nouveaux qui nous seront communiqués, soit par nos collègues, les professeurs de sciences, soit par les ingénieurs et autres praticiens de Paris et de la province.

Nous accueillerons de même les vues nouvelles suggérées à nos correspondants par leur pratique personnelle sur l'enseignement théorique des sujets délicats, ainsi que sur les moyens de faire participer les élèves au travail expérimental [1].

On pourra également nous signaler tout ce qui, à l'étranger comme en France, est tenté dans la même voie et peut également contribuer à rendre à l'Enseignement des sciences expérimentales son caractère propre et, par suite, sa haute vertu éducative.

GEORGES MANEUVRIER.

1. Nous devons ajouter que ces communications seront rétribuées par la Revue, quand elles seront originales et personnelles.

Tribune libre d'Enseignement expérimental.

A titre de renseignement nous donnons dans ce premier numéro un exemple, à perfectionner, de ce que pourront être ces communications. Elles sont relatives à l'enseignement de la physique.

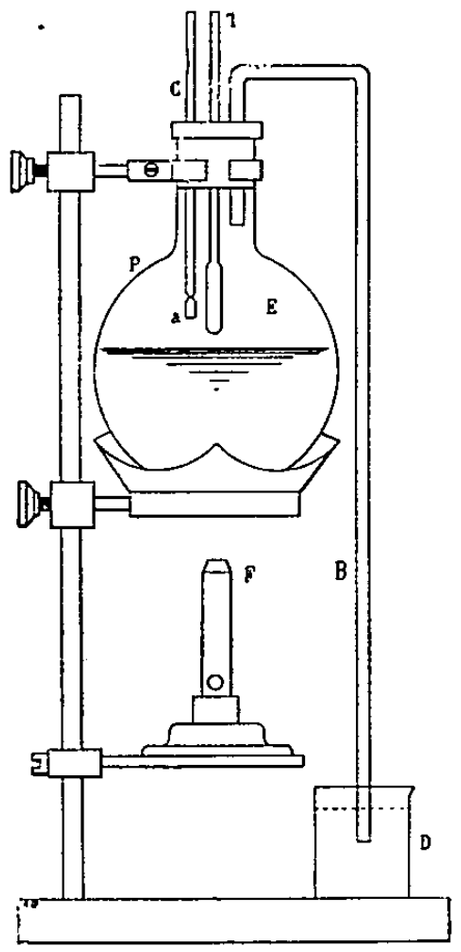
Expériences sur l'Ébullition.

Il est particulièrement commode de reproduire les expériences fondamentales de l'*ébullition* au moyen du dispositif suivant, d'une construction facile, et qui m'a donné pleine satisfaction au cours de mon enseignement.

Un ballon est fermé par un excellent bouchon de caoutchouc livrant passage, à frottement dur, à un tube recourbé B dont la grande branche a environ 0 m. 80 de longueur, à un thermomètre T et à une tige C terminée par une minuscule clochette *a*.

Le ballon est rempli d'eau aux deux tiers environ de sa capacité, la tige C est soulevée de manière à porter la clochette au-dessus du niveau de l'eau et le foyer F est allumé. La température s'élève alors et bientôt l'ébullition se produit. La vapeur formée s'échappant au dehors par le tube B, il est facile de la *condenser* en totalité si on le désire.

Il n'est pas inutile de montrer aux jeunes élèves que les bulles sont surtout chargées de vapeur : l'insistance que l'on met à bien établir que la présence d'un gaz dans le liquide est nécessaire à la formation des bulles peut en effet les porter à croire qu'il s'agit de bulles d'air.



L'ébullition s'étant poursuivie par exemple pendant une ou deux heures on éteint le feu et on verse du mercure dans le vase D. Le ballon se refroidissant par rayonnement la force élastique maxima de la vapeur diminue progressivement et le mercure s'élève de plus en plus haut dans le tube B.

En enfonçant la clochette au sein du liquide on obtient à nouveau l'ébullition, mais le phénomène est cette fois localisé à la clochette. Et il peut persister sans difficulté pendant une heure. La température sous la clochette tend à se maintenir un peu au-dessus de celle de la région E; en conséquence la force élastique maxima de la vapeur qui sature l'atmosphère de la clochette est un peu plus grande que la pression qui règne en E. Un pareil état de choses ayant lieu à chaque moment, le liquide est

constamment en instance d'ébullition sous la clochette et les conditions relatives aux dimensions des bulles et au débit varient fort peu.

Pour accroître le *débit* en bulles, il suffit de refroidir la surface P du ballon. En soufflant simplement sur le ballon avec la bouche on produit des mouvements très nets de la colonne mercurielle. L'oscillation correspond à un refroidissement suivi de la restitution de la pression par l'apport des bulles en vapeur et en calories.

Cette partie de l'expérience équivaut à la manipulation classique, mais assez peu élégante, dite de la « bouilloire de Franklin ».

A la fin de l'expérience, si l'appareil est étanche et si l'ébullition préliminaire a été suffisamment prolongée, le mercure s'élève à une hauteur égale à la hauteur barométrique du moment diminuée de la force élastique maxima de la vapeur à la température qu'indique le thermomètre T.

En chargeant le ballon de divers autres liquides, à points d'ébullition très différents, on étend considérablement le champ d'observation.

Il est aisé d'imaginer de nombreuses variantes, par exemple on peut rendre la clochette mobile, et l'équilibrer de façon qu'elle puisse être soulevée par la bulle qui y adhère. Si, à chacune de ses ascensions, la clochette ferme en dehors du liquide le circuit d'un électro-aimant inscripteur, on pourra compter à loisir le nombre très considérable des bulles qui, dans les différents cas, sont alimentées par une même masse très petite d'air. Mais en poursuivant on tomberait dans le domaine de la recherche.

La formation (et le dégagement des bulles) peut être observée par projection.

(*Communiqué par M. A. Guillet.*)

Expériences sur la Dilatation.

Le *pyromètre à cadran*, sous sa forme classique, doit être banni de l'enseignement à cause de la brutalité de la chauffe.

Il m'a paru bon de lui substituer le *dilatomètre* suivant qui a toujours retenu l'attention des élèves.

Un fil métallique convenablement tendu est fixé dans une forte pince a et muni d'un index délicat i (fig. 1). Un micromètre divisé est placé au voisinage du fil en r (les divisions sont tracées par exemple en noir sur une bande de verre dépoli). Une lentille L (fig. 2) projette sur un écran éloigné, l'image i' de l'index et celle r' de la réglette. Dès qu'on fait passer un courant dans le fil sa température s'élève, et l'image i' de l'index s'abaisse le long de r' d'une hauteur h lue sur la graduation de r'. On connaît ainsi de combien s'est allongée la longueur primitive l du fil. Une pince thermo-électrique de faible capacité calorifique, graduée au préalable, peut d'ailleurs fournir la variation correspondante de la température; on peut sous ces conditions déterminer grossièrement un coefficient de dilatation et comparer rapidement les dilatations de deux fils formés de métaux différents. Un régime permanent s'établit dès qu'il y a compensation entre la chaleur que le courant cède au fil et celle que le fil perd par rayonnement, convection, etc., dans l'espace environnant. L'index i' reste alors fixe. En intercalant un rhéostat dans le circuit, un rhéostat liquide si on n'en possède pas d'autre, il est facile d'augmenter ou de diminuer à volonté l'intensité du courant et par suite la température du fil.

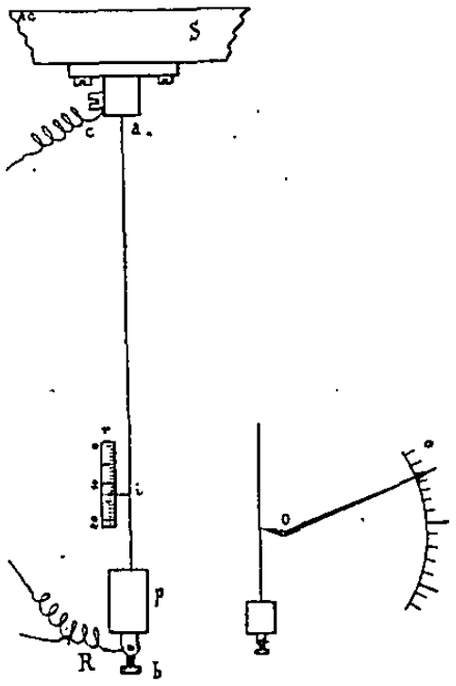


FIG. 1. — DILATATION LINÉAIRE.

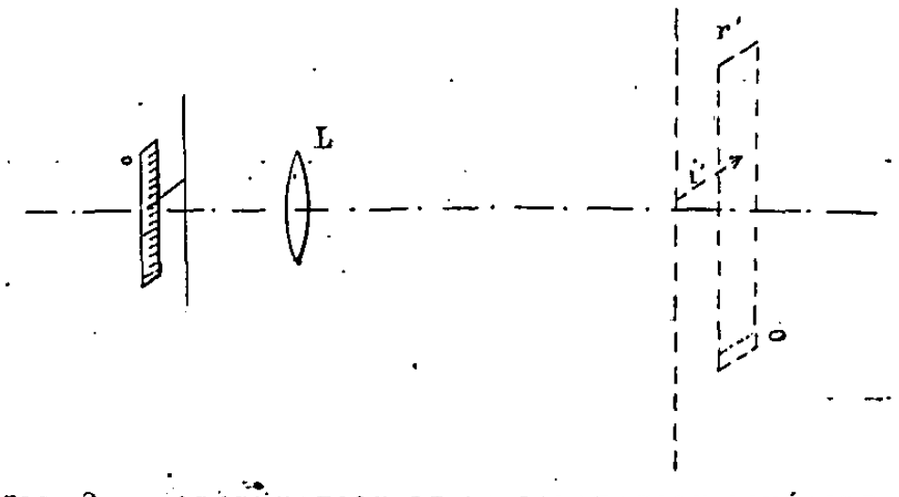


FIG. 2. — OBSERVATION DE LA DILATATION LINÉAIRE.

A chacune des valeurs du courant correspond une position i' de l'index. Dès que le courant est supprimé on voit l'index i' revenir à sa première position.

Ce dispositif présente une grande souplesse. Si on préfère à la multiplication optique la multiplication par levier ou par engrenage, il suffira de rendre le premier organe mobile solidaire du fil (fig. 1).

En suspendant à un crochet qui termine le fil des poids convenables on met en évidence les effets mécaniques dus à la dilatation.

Au point de vue électrique on remarquera qu'à chaque position de l'index correspond, au cours de l'expérience, une valeur nettement définie de l'intensité du courant; toute une catégorie d'appareils adaptés aux mesures électriques repose sur ce fait.

(*Communiqué par M. A. Guillet.*)

Le pendule de Foucault simplifié.

M. Cannevel a mis à la portée des élèves, et des faibles ressources de nos Écoles, la remarquable démonstration de la rotation de la terre due au génie de Foucault, récemment reproduite à grands frais au Panthéon.

L'appareil de M. Cannevel se compose d'une sphère en plomb, enveloppée de cuivre, pesant 1250 grammes, fixée à un fil d'acier ayant 0 cm. 035 de diamètre. Il est pincé à son autre extrémité dans un bloc métallique percé d'un trou de filière lui donnant passage. Un coup de balancier immobilise le fil dans le bloc, que l'on fixe au plafond par une vis. On donne au pendule une longueur appropriée à la hauteur dont on dispose. Tout l'appareil tient dans une petite boîte de bois qui sert à contenir le tas de sable sur lequel le pendule laisse sa trace au cours de ses oscillations successives.

(*Communiqué par M. le Dr d'Arsonval à l'Académie des sciences.*)

Nous sollicitons aussi de nos lecteurs, et nous publierons de même, toute communication analogue qui sera relative soit à l'enseignement de la Chimie, soit à l'enseignement des Sciences naturelles.

G. M.

Revue critique des Travaux scientifiques.

ZOOLOGIE

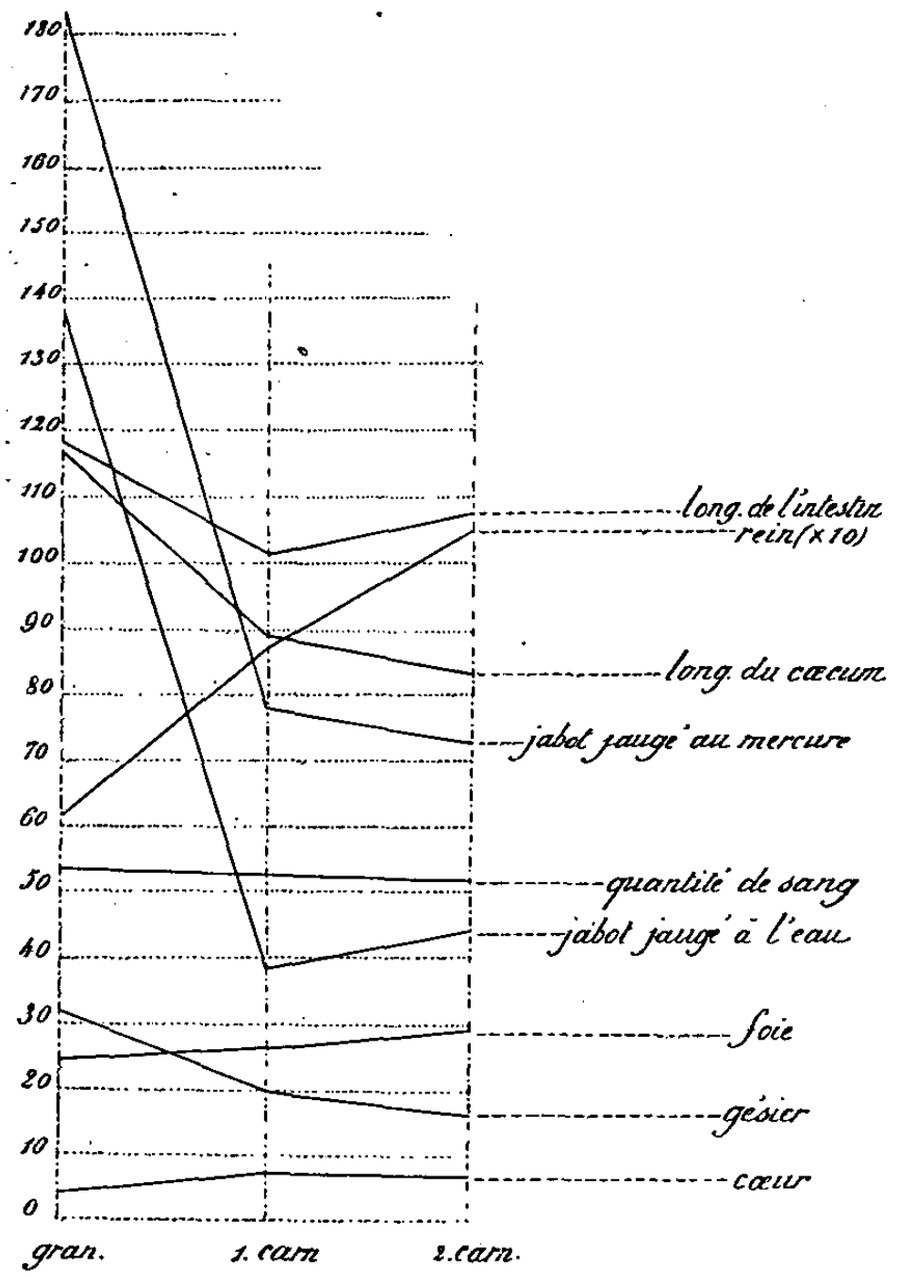
Modifications déterminées par le régime carnivore chez la Poule.

Tous les zoologistes s'accordent aujourd'hui, conformément aux idées développées jadis par Lamarck, à considérer le genre de vie, et en particulier le régime alimentaire comme l'un des facteurs les plus importants de l'évolution des formes animales. Depuis déjà longtemps des expériences ont été instituées par divers observateurs pour étudier quelle est l'influence directe du régime alimentaire sur les principaux organes d'un animal donné, et les poules, grâce aux facilités d'observation qu'elles présentent, ont été à diverses reprises l'objet de semblables études. La poule, normalement granivore, supporte très bien un régime exclusivement composé de débris de viande. Quelles pouvaient être les modifications déterminées dans son organisation par un changement de régime aussi complet? C'est ce que M. F. Houssay s'est proposé de rechercher, avec une précision aussi grande que possible; il fallait pour cela faire porter l'observation sur le plus grand nombre possible d'organes, traduire leurs variations par des mensurations faciles à établir sous forme de données numériques exactement comparables, et prolonger l'expérience pendant plusieurs générations. C'est faute d'une semblable précision que les auteurs qui avaient traité auparavant le même sujet étaient arrivés à des conclusions ou trop vagues ou contradictoires.

M. Houssay vient de publier (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séances des 8 et 29 décembre 1902) les résultats de ses observations sur la *seconde génération* de poules carnivores. Mais, pour bien comprendre la portée de ces résultats, il nous faut remonter aux précédentes communications de l'auteur (*C. R. Acad. Sc.*, séances des 9 et 23 décembre 1901 et du 17 février 1902), relatives aux modifications subies, dès la première génération, par les poules soumises au régime carnivore. Ces modifications sont, pour beaucoup d'organes, fort importantes. En particulier, le jabot, le gésier, la longueur totale de l'intestin, la longueur des cæcums sont notablement diminués, comme le montrent les données numériques suivantes :

	Poules granivores.	Poules carnivores.
Jabot : longueur	55mm	38mm,33
largeur	51	34 ,363
jauge à l'eau	268cc	76cc
jauge au mercure[1]	351	125 ,66
Gésier : poids	50gr,38	28gr,96
longueur	65mm,66	55mm,33
épaisseur au centre	31 ,5	30
Longueur du tube digestif	1820mm	1510mm
— d'un cæcum	186 ,6	132 ,33

Indépendamment de cette action directe sur les organes digestifs, le régime carnivore a son retentissement sur d'autres points de l'organisme. Si la quantité de sang, si le volume du cœur et celui du foie restent sensiblement constants, l'excrétion et l'appareil excréteur sont notablement modifiés. La quantité d'urée produite devient triple : 0,315 au lieu de 0,108. L'urine renferme en outre une certaine quantité d'acide urique. Les reins eux-mêmes augmentent de près d'un tiers; leur poids est de 12 gr. 91 au lieu de 9 gr. 95. La graisse est blanche et la consistance du suif, bien différente de la graisse normale, jaune et molle, que tout le monde connaît. Enfin, détail qui a son importance, le goût de la chair, sensiblement modifié, se rapproche de celui de la chair du Dindon, et la fécondité est notablement accrue : tandis que deux poules, soumises à un régime granivore réputé excellent à ce point de vue ont donné 194 œufs pesant ensemble 10 kg. 7205; deux poules comparables aux précédentes, mais soumises au régime carnassier, ont pondu 297 œufs (moitié plus) pesant



GRAPHIQUES MONTRANT LES MODIFICATIONS SUBIES PAR LES DIVERS ORGANES DES POULES SOUMISES A UN RÉGIME CARNIVORE.

Les 3 ordonnées se rapportent : la première à une poule nourrie exclusivement de pain, la seconde à une poule soumise à une alimentation exclusivement animale, la troisième à une poule carnivore de seconde génération.

ensemble 17 kg. 3494. Les œufs pesaient en moyenne 58 grammes dans le premier cas et 55 dans le second; il y a donc augmentation du nombre, mais non du poids des œufs. Le goût en était d'ailleurs le même. On comprendra facilement l'importance de ce résultat pratique inattendu.

Les résultats obtenus sur la seconde génération, que vient de publier M. Houssay, nous montrent deux choses : 1° les variations des organes se continuent sensiblement dans le même sens que pour la première génération; mais 2° ces variations sont beaucoup moins grandes en valeur absolue qu'elles ne l'étaient dans cette dernière. C'est ce que montrent d'une façon saisissante les graphiques donnés par l'auteur sous forme de courbes montrant la variation de la génération granivore à la première, puis à la seconde génération carnivore.

Ces résultats sont en somme assez conformes aux prévisions. Mais il est intéressant de constater que c'est d'em-

1. Ces deux jauges différentes permettent de se faire une idée de l'extensibilité de la paroi du jabot.

blée, dès la première génération, par « une sorte de révolution organique, ou de coup de fouet » imprimé à l'organisme que se fait l'adaptation au régime d'exception. Cette adaptation s'accentue bien encore à la seconde génération, mais l'effort principal est fait tout de suite, et les progrès ultérieurs sont ensuite beaucoup plus lents.

Un point toutefois reste obscur, sur lequel l'auteur nous laisse indécis. Il nous montre quel est l'état de chaque génération, après une année de régime carnivore, mais ce qu'il serait intéressant de savoir, c'est l'état initial des individus de seconde génération carnivore. Ces individus, nés de parents déjà carnivores, sont-ils, à leur naissance, identiques aux individus normaux, ou bien ont-ils déjà des caractères spéciaux, déterminés par le régime spécial de leurs parents. Après avoir été soumis eux-mêmes au régime, nous savons qu'ils sont plus modifiés que leurs parents; mais une partie du chemin était-elle déjà faite dès l'origine, ou bien ont-ils hérité simplement une plus grande aptitude à la modification? On conçoit l'intérêt que peut avoir cette question au point de vue de l'influence du régime sur l'évolution. C'est en somme toute la question du Lamarckisme qui est en jeu. Dans quelle proportion les caractères *acquis* par un individu se transmettent-ils à leurs descendants? On sait que cette transmission des caractères acquis a été niée par Weissmann et l'école néo-darwiniste. M. Houssay se réserve sans doute de nous donner plus tard les résultats de ses observations à ce sujet; mais il est prudent, pour une question de pareille importance, d'attendre que l'expérience ait été continuée plus longtemps, et on comprend toutes les réserves que fait l'auteur en terminant sa dernière communication.

RÉMY PERRIER,
Chargé de Cours (Zoologie)
à la Sorbonne.

CHIMIE APPLIQUÉE

Les progrès de la Chimie dans les dernières semaines de 1902.

On s'est souvent appliqué à préparer de l'*alumine cristallisée* industriellement, quelquefois en vue de la bijouterie, le plus souvent dans le but d'obtenir une poudre très dure pouvant remplacer l'*émeri*.

L'alumine cristallisée obtenue par les procédés industriels est plus dure que l'émeri et même que le *corindon*, qui est de l'alumine cristallisée trouvée dans la nature.

Déjà, en 1878, Fremy et Feil avaient réussi, dans les usines de la compagnie de Saint-Gobain, à obtenir un produit de bonne qualité et pouvant être préparé en masses assez considérables. On sait que le procédé Goldschmidt qui consiste à traiter les oxydes des métaux par l'alumine, donne, en plus du métal de l'oxyde, une masse cristallisée, très dure, d'alumine.

Gintl a vu faire à Prague des expériences d'un tout autre ordre ayant seulement pour but d'obtenir des matières dures pour le polissage, au moyen de la fusion des différentes *bauxites naturelles* qui sont des masses terreuses riches en alumine.

On fondait ces minéraux additionnés d'une certaine quantité de sel marin après les avoir mélangés avec un peu de coke, de charbon et de sciure de bois. On employait un four électrique dont les parois, faites de charbon, servaient d'électrodes. Un *trou de coulée* permettait de recueillir la masse fondue. Le courant avait une intensité de 100 *ampères* sous 100 *volts*.

Lorsque la matière était fluide, on procédait à la coulée. On obtenait d'abord un métal fondu, puis une masse plus épaisse qui, en se refroidissant, donnait un bloc cristallisé brun ou brun-rougeâtre. En le brisant on trouvait de grands cristaux longs de plusieurs centimètres, larges de deux. Sous une faible épaisseur ils étaient presque incolores ou d'un brun très clair. Lorsque les bauxites employées étaient ferrugineuses, les cristaux étaient transparents et d'un bleu magnifique. Leur composition était voisine de celle du corindon mêlé d'un peu de silice, de très peu d'oxyde de *titane* avec des quantités impondérables de chaux, de magnésie, de soude, de manganèse et de fer.

L'examen et l'analyse de ces cristaux semblaient indiquer qu'ils n'étaient pas formés par un silicate d'alumine mais par des cristaux d'alumine pure séparés par de minces feuillets d'un silicate d'alumine et de soude renfermant des quantités variables des éléments étrangers.

Il serait possible que la belle couleur bleue observée ne soit pas due au *cobalt* mais au titane que ce produit renferme. Il est à remarquer en effet que ces cristaux bleus n'ont pas donné de cobalt ni de chrome à l'analyse, tandis que l'on en put extraire des quantités pondérables de titane. On sait qu'il existe des oxydes bleus de titane, et la réduction par le charbon donnerait des oxydes inférieurs du titane dont la présence expliquerait la couleur bleue du produit.

Gintl pense que la couleur rouge du *rubis* pourrait très bien être due à des mélanges d'acide titanique et de fer qui ont, d'après ses propres expériences, donné à de l'alumine la belle couleur du rubis naturel.

Le métal fluide qui s'est écoulé le premier après la fusion au four électrique est un mélange de fer, d'aluminium et de siliciures métalliques unis à des quantités très petites de carbone et de manganèse.

Si le procédé que nous venons de décrire paraît bon pour préparer l'alumine cristallisée sous une forme avantageuse lorsque l'on ne recherche que sa dureté pour des applications industrielles, il ne peut servir en aucune manière à reproduire l'alumine considérée comme pierre précieuse et vendue dans la bijouterie.

On savait depuis longtemps que l'on vendait des rubis artificiels identiques par leur composition chimique, par leur transparence et leur belle couleur aux produits naturels, mais le procédé de fabrication était resté secret et c'est tout récemment que son savant auteur, M. A. Verneuil, a bien voulu le publier.

Il faut, pour que l'alumine fondue reste limpide, qu'elle ne subisse pas l'action d'une température trop élevée et comme, d'autre part, elle ne fond que sous l'action d'un foyer ardent, la première difficulté consistait à régler avec beaucoup de soin le feu dans lequel devait s'opérer la fusion.

M. Verneuil s'est servi d'un chalumeau oxyhydrique vertical et a pris pour support du rubis qu'il voulait faire un petit cylindre formé d'alumine et d'une faible quantité de carbonate de soude servant de liant.

Il envoya alors sur ce petit support placé dans la flamme du chalumeau à l'aide d'un distributeur automatique une poudre formée d'alumine et d'un peu d'oxyde de chrome. C'est ce qu'il appelle l'opération du *semage*. La poudre rencontrant le petit support s'y arrête et comme ses particules sont très fines elles fondent.

On règle à l'aide d'une vis dont le chalumeau est pourvu l'endroit précis où l'alumine semée est arrêtée d'abord par le support, ensuite par la perle d'alumine fondue dans l'instant précédant, et l'on arrive ainsi à donner naissance à une petite boule d'alumine fondue de forme sphérique bien limpide et colorée en rouge. Si l'on chauffait trop fort, l'alumine cristalliserait mais ne serait pas aussi limpide, les cristaux s'enchevêtrant par le refroidissement et donnant une masse opaque. Il est donc très important de connaître l'endroit de la flamme où l'on doit maintenir le rubis en formation. Il est aussi nécessaire que le semage de la poudre d'alumine ne soit ni trop rapide ni trop lent. S'il est fait trop hâtivement le rubis contient des

bulles qui nuisent à sa beauté et à son identité avec le produit naturel. Il en est de même si la flamme, mal réglée, est trop riche en oxygène.

Il ne faut pas semer trop lentement parce que le chrome est volatilisé en partie et cela donne des zones rubannées du plus fâcheux effet.

Lorsque l'on juge que la petite sphère d'alumine fondue a la grosseur suffisante qui correspond à 3 grammes au plus, c'est-à-dire, en terme de joaillier, de 12 à 15 *carats*, on éteint brusquement le chalumeau. Alors, la sphère fondue se brise spontanément en deux hémisphères en se fendant suivant un plan vertical passant par son centre. On recueille ces deux morceaux qui peuvent être livrés aux ouvriers habiles à travailler les pierres précieuses.

A côté de ce travail délicat de M. Verneuil la fin de l'année qui vient de s'écouler a été enrichie d'un certain nombre de découvertes dues à M. H. Moissan et qui méritent de retenir notre attention.

Composition des hydrosulfites et leur préparation à l'état de pureté. — On sait que Schutzenberger a découvert, il y a déjà bien des années, les *hydrosulfites alcalins* qu'il obtenait en faisant réagir à froid le zinc métallique sur des solutions de sulfites de soude ou de potasse. Ces solutions prenaient alors un pouvoir réducteur très grand et étaient utilisées dans l'industrie pour *décolorer l'indigo*. Si la découverte de Schutzenberger a conservé toute sa valeur pratique on a pu discuter sur la véritable nature de l'hydrosulfite, produit qui, suivant celui qui l'avait préparé, contenait encore de l'hydrogène tandis que plusieurs chimistes pensaient qu'il n'en renfermait pas.

M. Moissan a définitivement tranché la question en mettant les hydrures métalliques, découverts par lui quelques mois auparavant, en présence de l'anhydride sulfureux.

A la température de 40° au-dessous de 0° l'action est très vive. A la température ordinaire, mais sous pression réduite, le gaz sulfureux se combine aussi à l'hydrure métallique en mettant en liberté *tout l'hydrogène* qu'il contient. Ce gaz fut recueilli et mesuré. Il restait dans le tube où s'était fait la combinaison un hydrosulfite possédant toutes les propriétés réductrices décrites par Schutzenberger.

De cette expérience il ressort que l'hydrosulfite ne contient pas d'hydrogène et que sa formule correspond à une molécule d'anhydride sulfureux unie à un atome de potassium.

M. Moissan a profité de cette nouvelle méthode imaginée par lui pour préparer à l'état de pureté les hydrosulfites de potassium, de sodium, de lithium, de calcium et de strontium.

Température de combinaison des diverses formes de carbone avec l'oxygène. — On sait que les diverses variétés de carbone ont des propriétés chimiques très différentes au point de vue de la facilité avec laquelle elles se laissent attaquer par les réactifs oxydants.

M. Moissan a voulu voir si la température à laquelle ces divers carbones prennent feu dans l'oxygène est la même pour chacun d'eux. Il a voulu se rendre compte, en plus, des phénomènes de leur combustion ; par exemple, il a cherché si la combinaison de chacun de ces carbones avec l'oxygène pouvait avoir lieu à des températures inférieures à celles auxquelles ils prenaient feu dans l'oxygène.

Il a reconnu que le *diamant*, chauffé dans ce gaz, s'y combine déjà à la température de 720° en donnant du gaz carbonique, mais ne brûle avec flamme qu'à 860° et même à 875° pour certains diamants. M. Moissan a vu que le diamant ne se transforme pas pendant sa combustion en une autre variété de carbone.

Le *graphite* se combine à l'oxygène plus facilement que le diamant ; il brûle avec éclat à 650°, au plus à 700° et fournit, à une température inférieure, du gaz carbonique, ce qui prouve qu'il se combine déjà avec l'oxygène avant 600°.

Les *variétés amorphes du carbone* sont brûlées par l'oxygène avant d'avoir été chauffées à 300° et, selon leur état physique, prennent feu dans ce gaz à des températures comprises entre 300° et 500°.

La source de Bordeu. — En plus de ces travaux qui sont relatifs à de fort intéressantes questions de chimie générale, susceptibles d'ailleurs d'applications pratiques, M. Moissan s'est attaché récemment à des questions de chimie se rapportant à la géologie.

Les gaz qui s'échappent de la *source Bordeu* à Luchon contiennent de l'*argon*. Le même fait a été signalé par M. Bouchard pour les sources de Cauterets et par M. Moureu relativement à d'autres localités.

Mais, fait important, M. Moissan a de plus montré que l'eau sulfureuse de la *grotte* et les vapeurs de *humage* à Luchon contiennent du soufre en dissolution. Je ne puis pas ici décrire les expériences élégantes qui établissent ce fait ainsi que celles qui montrent la possibilité de l'existence de la vapeur de soufre dans les vapeurs sortant des tubes des salles de humage. Qu'il me suffise de dire que M. Moissan attribue trois origines distinctes à ce soufre existant à l'état de liberté :

La première tient à la réaction des gaz sulfureux et sulfhydrique qui réagissent l'un sur l'autre pour donner une précipitation lente de soufre en poudre fine.

La seconde s'explique par la combustion incomplète de l'hydrogène sulfuré ; et enfin, la troisième est fournie par la vaporisation du soufre dissous dans l'eau.

C. CHABRIÉ,
Chargé de Cours (Chimie appliquée)
à la Sorbonne.

BOTANIQUE

Notre intention n'est pas d'entretenir les lecteurs de cette Revue de tous les travaux importants qui paraissent actuellement en Botanique, mais bien de leur signaler certains d'entre eux qui présentent un intérêt d'ordre général ; nous relaterons avant tout les recherches qui, effectuées sur des végétaux, résolvent ou posent quelque problème de biologie et qui peuvent apporter un argument pour ou contre telle ou telle théorie relative au monde organisé. Un seul fait, mis en évidence récemment, nous retiendra cette fois ; il s'agit de la création d'une nouvelle espèce végétale, réalisée par voie expérimentale.

Création expérimentale d'une espèce végétale.

Dès que les sciences biologiques eurent acquis un certain développement, le problème de l'origine des espèces s'est imposé à tous les esprits, conséquence naturelle de l'étude même des faits ; dans l'état actuel de nos connaissances, et si on met à part les questions de dogme qui doivent rester systématiquement à l'écart des recherches de laboratoire, on est bien forcé d'admettre que l'hypothèse la plus satisfaisante, celle qui coordonne le mieux les questions qui se posent au sujet de l'espèce, celle qui donne un sens aux variations qu'un être est susceptible de présenter, en même temps qu'elle explique les données de la

paléontologie, est l'hypothèse si brillamment développée par Lamarck et par Darwin, celle de l'évolution incessante des êtres vivants.

Cette théorie a cependant encore beaucoup d'adversaires; certains naturalistes refusent de se poser le problème de l'origine des espèces, et ici j'entends simplement par le mot origine la transformation possible d'une certaine espèce en une autre; pour eux les espèces sont absolument immuables, et comme on est bien forcé par les faits d'admettre des variations pour les différents individus d'une même espèce, ils considèrent ces variations comme purement individuelles et portant sur des caractères qui précisément seront exclus par eux de la définition de l'espèce, cercle vicieux qui domine le plus souvent les discussions relatives à la question de variations des êtres. Certains faits cependant ont permis de soutenir la théorie de l'immutabilité de l'espèce; pour nous restreindre au domaine botanique rappelons les expériences célèbres de Jordan et de ses disciples; ceux-ci ont reconnu que les espèces végétales telles que Linné les avait définies ne sont pas des types purs, mais bien des assemblages d'un nombre plus ou moins grand de formes; les caractères qui permettent de distinguer ces formes entre elles se montraient dans la culture constants et héréditaires; il fallait donc élever ces formes au rang d'espèces; jamais Jordan dans ses nombreuses cultures n'a vu l'une d'elles se transformer en une autre; chacune d'elles ne présentait que des variations individuelles non transmissibles par hérédité; aussi Jordan a-t-il été conduit à l'idée que l'espèce dont il a simplement modifié expérimentalement la signification était immuable.

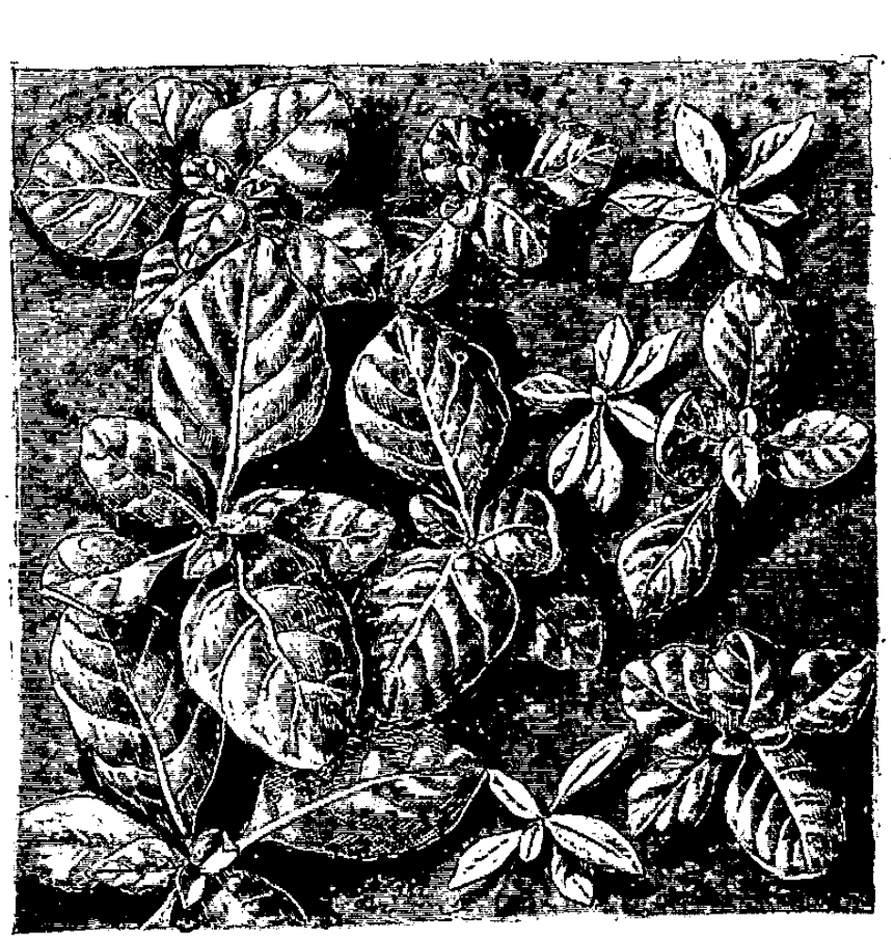
Quant à ceux qui considèrent les variations présentées par les divers individus d'une même espèce comme la marque de la transformation continuelle de cette espèce, ils ne laissent pas d'être en désaccord profond quand ils en viennent à discuter la manière dont se produisent ces modifications; certains admettent avec Darwin que les espèces se transforment en de nouvelles par des changements lents mais continus, qui arrivent à se fixer et à s'accentuer de générations en générations quand ils fournissent aux individus qui les subissent un certain avantage dans la lutte qu'ils ont à soutenir soit contre les êtres appartenant à d'autres espèces, soit même contre leurs congénères; il s'effectue ainsi une sélection qui peut être insensible d'une génération à l'autre, mais qui finit avec le temps par devenir perceptible.

On reproche avec raison à cette théorie la difficulté qu'on a de comprendre comment une sélection peut s'effectuer sur des variations infiniment petites qui ne donnent pas au début d'avantage ou d'infériorité appréciable aux êtres qui les présenteraient dans le combat qu'ils ont à soutenir contre le milieu brut ou organisé. Aussi a-t-on cherché à remplacer l'hypothèse de variations infinitésimales, mais continues, par celle de variations brusques, capables d'introduire de suite chez certains individus un ou plusieurs caractères spécifiques, c'est-à-dire transmissibles par hérédité; on devrait, si cette hypothèse est exacte, assister de temps à autre à l'apparition de nouvelles espèces à côté de celle dont elles proviennent, cette dernière subsistant d'ailleurs, au moins au début; c'est à cette idée que se rattachent d'importantes et très intéressantes recherches d'un botaniste hollandais, Hugo de Vries [1]; celui-ci, admettant les faits observés par Jordan, considère que la plupart des espèces sont bien immuables à une époque donnée, mais qu'il existe pour chacune d'elles des périodes de mutation qui peuvent d'ailleurs être très éloignées les unes des autres, provoquées qu'elles doivent être par des circonstances exceptionnelles; de Vries arrive ainsi à supposer que Jordan s'est trouvé n'avoir expérimenté sur aucune des plantes qui sont actuellement en voie de transformation; parmi les nombreuses espèces auxquelles de Vries s'est à son tour adressé il a eu la bonne fortune d'en rencontrer une qui lui a présenté le phénomène de mutation; c'est l'*Œnothera Lamarckiana*, plante qui paraît être d'origine américaine et avoir été introduite en Europe depuis un temps assez long.

En semant des milliers de graines de cette espèce, de Vries a obtenu de suite un certain nombre d'individus qui présentaient des caractères permettant de les distinguer facilement de la forme primitive, et parmi ces pieds aberrants l'expérimentateur a pu en reconnaître une douzaine de types différents. Certains de ces types nouveaux étaient stériles, il ne peut être question de les élever au rang d'espèces; mais si on venait à récolter et

a — ŒNOTHERA GIGAS.

b — ŒNOTHERA LAMARCKIANA.



JEUNES PLANTULES D'ŒNOTHERA ALBIDA.

1. *Die Mutationstheorie,* Leipzig, 1901-1903.

à semer les graines des autres on observait que tantôt il s'effectuait un retour à l'espèce primitive, on se trouvait alors en présence de simples variétés, que tantôt les caractères apparus brusquement se retrouvaient seulement dans un certain nombre de descendants, que tantôt enfin les graines des individus transformés donnaient toutes, sans exception, le nouveau type, sans retour aux caractères de l'*Œnothera Lamarckiana*; on se trouvait dans ce dernier cas en présence d'une nouvelle espèce, apparue brusquement, sans préparation aucune.

Il n'entre pas dans le cadre de cet article de préciser les caractères différentiels de ces espèces; qu'il nous suffise de reproduire l'aspect d'une inflorescence de l'*Œnothera* initial et d'une des nouvelles espèces apparues dans les cultures de de Vries, l'*Œnothera gigas*, dont les fleurs sont en panicule très dense; l'autre figure correspond à un semis d'*Œnothera Lamarckiana* : au milieu d'individus normaux il en est apparu qui se différencient aisément par leur taille plus faible et plus encore par la coloration blanchâtre de leurs feuilles, qui sont de plus très étroites (*Œnothera albida*). Ces caractères, comme ceux des autres formes nouvelles, ne présentent d'ailleurs aucune relation évidente avec ceux des variations ordinaires de l'espèce mère, si bien que la mutabilité apparaît comme absolument indépendante de la variabilité individuelle.

Mentionnons simplement quelques-unes des autres espèces qui ont fait leur apparition dans les cultures de de Vries : l'*Œnothera scintillans*, dont les feuilles sont luisantes et d'un vert foncé; l'*Œ. lata*, qui s'est montré exclusivement femelle, le pollen étant complètement avorté; enfin l'*Œ. nanella*, qui n'atteignait que quelques décimètres alors que les individus de l'espèce type mesurent plus d'un mètre.

Les individus de l'espèce *Œnothera gigas* étaient d'autre part plus robustes que ceux de l'espèce souche; ceci donne à penser qu'elle est mieux appropriée que la forme primitive à se propager; c'est d'ailleurs la seule qui paraissait être plus résistante, toutes les autres étant au contraire plus faibles que le type initial; mais les expériences de de Vries ont été conduites de telle façon que ce botaniste intervenait pour établir la sélection des nouvelles formes apparues; la sélection artificielle a remplacé ici la sélection naturelle, nous ne savons par conséquent pas ce que celles-ci seraient devenues si on avait laissé les semis s'opérer sans aucune intervention; nous ignorons par exemple si l'*Œnothera gigas* aurait, dans les conditions naturelles, supplanté peu à peu la forme dont elle est issue.

Il est une question qui se pose de suite à la lecture des résultats obtenus par de Vries : quelle est la cause de ces variations brusques? Aucune explication n'est tentée par l'auteur; il semble bien que certaines espèces d'*Œnothera* issus de l'*Œnothera Lamarckiana* soient le résultat d'actions parasitaires (cela est excessivement vraisemblable pour les formes qui se sont montrées stériles); quoiqu'il en soit, de Vries a établi l'existence de variations se produisant brusquement et pouvant se transmettre à la descendance des individus qui les ont les premiers manifestées; il a montré aussi que, dans un tel ordre de recherches, le dernier mot appartient à l'expérience et, si nous en avions l'autorité suffisante, nous émettrions le vœu que dans notre pays, où il est tant dépensé pour la science, souvent pour un rendement qui n'est pas en rapport avec les sacrifices consentis, il fût créé une sorte d'Institut biologique où s'exécuteraient des travaux expérimentaux de la nature de ceux de De Vries, surtout ceux, et ils sont nombreux, qui, dépassant les forces d'une vie humaine, nécessiteraient les efforts de plusieurs générations.

M. MOLLIARD,
Maître de Conférences (Botanique)
à la Sorbonne.

PHYSIQUE

Récents travaux de physique.

Dans cette revue je me propose d'indiquer d'une manière rapide l'objet des principales recherches physiques publiées récemment ainsi que celles qui peuvent avoir une portée pratique. Je m'appliquerai à les relier aux phénomènes classiques dont elles sont le développement naturel.

Vitesse des rayons X. — Les décharges électriques continuent à être passionnément étudiées sous leurs divers aspects et dans cet ordre d'idées les expériences de M. R. Blondlot sont à signaler avec quelques détails parce qu'elles apportent une donnée précise nouvelle à la question si controversée de la nature des rayons X.

Cet éminent physicien a établi que les rayons X se propagent à partir du tube qui les produit, et à travers toutes les substances isolantes, avec la vitesse de la lumière dans l'air.

La méthode suivie et le dispositif adopté portent la marque ordinaire de l'esprit ingénieux et profond de leur auteur.

Une bobine de Ruhmkorff peut alimenter soit un tube producteur de rayons X, soit un excitateur de Hertz, dans les conditions suivantes assurées par un réglage préliminaire : dès que commence la décharge à travers l'excitateur, la bobine cesse d'alimenter le tube à rayons X autrement que par les ondes en route et dont l'effet sur le tube cessera évidemment au bout d'un temps égal au quotient de la longueur du trajet qu'elles ont à faire par la vitesse de leur propagation.

On sait d'autre part ce qui se passe, au cours de la décharge, dans l'excitateur employé, formé de cylindres de cuivre A, A′ assujettis dans un flacon rempli d'huile de vaseline et séparés par un intervalle a. La suppression du courant qui alimente la bobine détermine par induction des charges contraires sur les conducteurs A et A′. La recombinaison des charges à travers l'isolant n'a pas lieu d'un seul coup : l'étincelle qui jaillit en a, unique en apparence, est en réalité formée d'étincelles successives de sens alternés, et dont les intensités sont progressivement décroissantes. En observant l'image de l'étincelle donnée par un miroir tournant, ou en photographiant cette image projetée sur une pellicule sensible animée d'un déplacement rapide, il a été facile de mettre nettement en évidence le caractère oscillatoire de la décharge. L'excitateur AA′ est le siège d'un état vibratoire de nature électrique comme un corps sonore est le siège d'un état vibratoire mécanique.

Hertz a découvert que cet état vibratoire électrique se propageait dans l'espace à partir de l'excitateur comme la vibration mécanique à partir du corps sonore. Il y a donc des ondes électriques, ou *ondes hertziennes*, comme il y a des *ondes sonores*. Et ces ondes hertziennes se propagent le long des fils métalliques avec une vitesse égale à celle de la lumière.

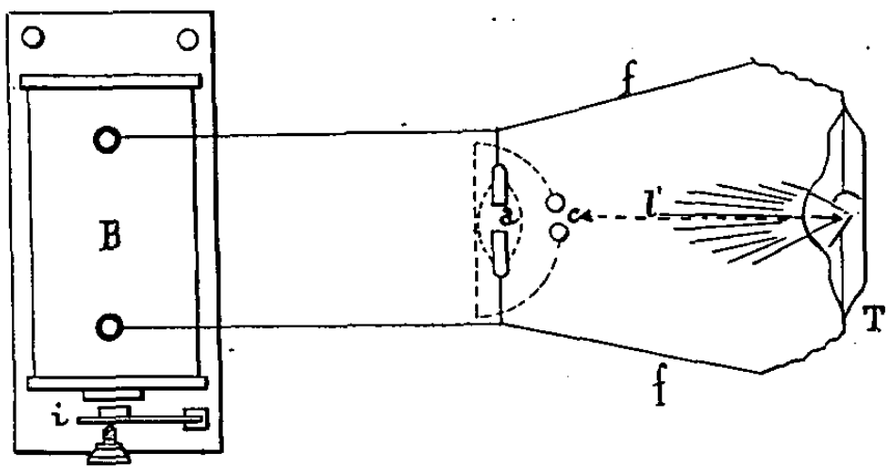
On peut tirer de ces faits les conséquences suivantes.

Si le fil de jonction de l'excitateur au tube a une longueur $l = 80$ cm., les ondes, franchissant 30 billions de centimètres en une seconde, iront de l'excitateur au tube en 8 trois billionièmes de seconde. Le tube ne s'éteindra donc que 8 trois billionièmes de seconde après le commencement de la décharge à travers l'excitateur.

La durée de l'oscillation dans l'excitateur choisi était d'autre part égale à environ 11 trois billionièmes de seconde. *En admettant à priori* que les rayons-X se propagent avec la même vitesse que la lumière et que le tube d'où ils émanent soit à $l' = 53$ cm. d'un point C, ils emploieront 5,3 trois billionièmes de seconde pour franchir une

telle distance. Il arrivera donc encore en C des rayons X pendant 13 billionièmes de seconde environ après le commencement de la décharge en *a*, c'est-à-dire pendant les $\frac{13}{11}$ d'une oscillation de l'excitateur. Cette durée comprend l'allée des ondes hertziennes de l'excitateur au tube et le retour en C des rayons X envoyés par le tube.

M. Blondlot a eu la très remarquable idée de manifester la coexistence en C des rayons X et de la décharge oscil-



latoire de l'excitateur au moyen d'un *résonnateur*. Il a en effet disposé, au-dessous de l'excitateur et parallèlement à sa direction, un fil rectiligne recourbé ensuite du côté du tube à rayons X et présentant sa *coupure* C à leur action. Les oscillations induites dans le résonnateur font apparaître une *étincelle* en C.

Cette étincelle est *renforcée* si les rayons X agissent en C lorsqu'elle éclate.

Ces rayons interviennent par leur intensité, — et, à ce point de vue, il y.a intérêt à diminuer la distance *l'*, — et par la durée de leur action, — et, à ce point de vue, il y a intérêt à éloigner assez le tube ou, ce qui produit le même effet, à allonger le fil *f* pour que les rayons X agissent en C pendant toute la durée, d'ailleurs extrêmement courte, de l'état oscillatoire utile.

Cela posé, voici en quoi consiste l'expérience : il est possible de trouver par tâtonnement, et c'est la partie délicate de l'expérience, la longueur *l* du fil *f* étant choisie, la distance *l'* à laquelle il faut placer le tube pour que l'étincelle du résonnateur prenne un *éclat maximum*.

M. Blondlot à trouvé que, dans son dispositif, la somme des distances *l* et *l'* qui correspondent au maximum d'éclat de l'étincelle était toujours égale à 133 cm. En d'autres termes, si, partant du réglage $l = 80$ cm., $l' = 53$ cm. par exemple, qui correspond à l'éclat lumineux max. de l'étincelle, on allonge le fil de 10 cm., il faut ensuite rapprocher le tube de la coupure C de 10 cm. pour que l'étincelle *conserve* son maximum d'éclat.

Si l'étincelle est ainsi rigoureusement reproduite c'est que les facteurs qui influent sur son état sont eux-mêmes reproduits. Or rien n'étant modifié en ce qui concerne l'excitateur et le résonnateur, il est nécessaire pour le maintien du *statu quo* que les rayons X soient toujours présents en C à la même époque de l'histoire de la décharge de l'excitateur. En d'autres termes le *retard* apporté par l'allongement des fils doit être compensé par l'*avance* due au rapprochement du tube. Et l'expérience établit que ces deux variations de trajets sont égales. Puisque des parcours égaux correspondent à des temps égaux, soit pour les ondes hertziennes, soit pour les rayons X, il faut bien admettre que leurs vitesses de propagation sont elles-mêmes égales.

Quelques remarques sont encore nécessaires : en arrêtant les rayons X qui se dirigent sur le résonnateur au moyen d'un disque de plomb formant *écran* pour la coupure, l'éclat de l'étincelle diminue aussitôt.

Ce fait montre que le maximum d'éclat de l'étincelle observé provient bien des rayons X et non d'un phénomène auxiliaire imprévu.

En interposant sur le trajet de rayons X suffisamment *pénétrants* des corps de diverses substances, le réglage n'est en rien modifié. Une certaine épaisseur de paraffine, par exemple 9 cm. est équivalente à une épaisseur égale d'air.

Il n'y a guère que sept ans que le physicien Röntgen a découvert les *rayons X*, et il semble, à cause des travaux nombreux et des discussions ininterrompues dont ils ont été l'objet, qu'ils n'ont jamais été ignorés.

Leur propriété de traverser les corps qui arrêtent la lumière les ont rendus très vite populaires. L'art de la *Radiographie* est presque aussi répandu aujourd'hui que celui de la *Photographie*.

Mais si la technique de cette forme de l'énergie est en grande partie fixée, bien des points d'ordre théorique restent à éclaircir. A-t-on affaire à des rayons analogues à ceux de la lumière mais dont les vibrations seraient beaucoup plus rapides?

Correspondent-ils au contraire à une succession de pulsations indépendantes partant des points où les molécules projetées de la *cathode* frappent l'*anticathode*?

Commencent-ils à l'instant même du choc.

Les vibrations propagées sont-elles longitudinales ou transversales?

Les rayons X cessent-ils en même temps que la pluie cathodique?

M. Blondlot considère la théorie pulsatoire comme fort séduisante, les vibrations de l'éther étant d'ailleurs transversales. Elle suffit à l'explication de toutes les propriétés connues des rayons X. En particulier elle s'accorde complètement avec les résultats des expériences précédentes.

❧

La Photographie trichrome: appareil de M. Prieur.

M. Prieur vient d'établir une chambre noire très facilement transportable pouvant être chargée de 12 plaques distribuées en quatre groupes de trois. Chaque plaque est d'ailleurs doublée d'un écran de couleur convenable. La pression exercée sur une poire pneumatique déclanche un mouvement d'horlogerie qui détermine à la fois la chute de la plaque qui vient de poser et la mise en place de la suivante. C'est pour vulgariser la photographie *trichrome* que M. Prieur a construit cette nouvelle chambre. Dans les meilleures conditions deux secondes suffisent pour tirer un *trio-négatif*.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler le principe de la photographie dite trichrome.

Admettons que la gamme infinie des teintes puisse être obtenue en mélangeant en diverses proportions trois couleurs seulement. Désignons ces trois couleurs par *a*, *b*, *c*, et les *écrans transparents* correspondants par A, B, C. L'écran A constitué par un liquide (du verre ou de la gélatine) coloré laisse passer seulement la lumière de couleur *a*. De même B laisse passer *b* et C, *c*.

Tirons trois négatifs d'un même objet, d'un bouquet par exemple, en ayant soin de placer *à la pose* devant la première plaque l'écran A, devant la seconde B et devant la troisième C. La répartition des intensités des noirs sur les plaques 1, 2, 3, figurera la distribution des intensités des lumières *a*, *b*, *c*, émises par les divers points des fleurs et des feuilles du bouquet. Les positifs 1′, 2′, 3′, donneront en clairs relatifs la même distribution. En conséquence si l'on superpose les trois images 1′, 2′, 3′, par exemple en les projetant sur un écran, en ayant soin de les éclairer respectivement avec les lumières *a*, *b*, *c*, le bouquet apparaîtra avec les couleurs. Il est aisé d'imaginer une superposition de trois encrages colorés transparents produisant un effet analogue. Au point de vue pratique, rien ne s'oppose à l'usage d'écrans A′, B′, C′, *complémentaires* des écrans A, B, C, c'est-à-dire tels que A′ laisse passer la couleur qui mélangée à celle qui traverse A donne du blanc,... etc.

Il importe de bien distinguer ce procédé, très indirect et complexe, de reproductions colorées obtenues en utilisant la photographie comme intermédiaire, de la méthode découverte par M. G. Lippmann, qui donne directement, par une pose unique et sans artifices auxiliaires, une épreuve du sujet photographié avec ses couleurs naturelles.

Tamisage électrique.

On sait depuis longtemps que si l'on projette à l'aide d'un soufflet un mélange pulvérulent de soufre et de minium de façon que le mélange traverse avec frottement les trous très fins d'un disque de bois, les poussières de soufre et de minium se trouvent électrisées et contrairement. Si donc on place en regard de ces particules, comme vient de le faire M. D. Negreano, une plaque métallique entourant un disque central isolé d'elle, on verra le soufre se porter sur le disque par exemple et le minium sur la plaque, pourvu qu'on prenne le soin de relier ces conducteurs aux deux pôles d'une machine électrique en activité.

M. Negreano a constaté, en expérimentant sur diverses roches pulvérisées, que la gangue et la partie métallique de ces roches se trouvaient ainsi séparées par ce procédé physique qu'il croit applicable aussi au traitement des sables aurifères.

A. GUILLET,
Docteur ès sciences physiques.

PHOTOGRAPHIE

L'action de la chaleur sur les phototypes.

Parmi les nombreux insuccès que peut rencontrer le photographe, il en est un qui n'avait guère été expliqué jusqu'ici. Il consiste en une altération particulière de la gélatine qui donne à l'image un aspect chagriné, gaufré ou zébré.

L'an dernier, le Dr Stéphane Leduc présenta à l'Académie des Sciences une note sur la cytogénèse expérimentale, note dans laquelle il montra qu'en faisant diffuser à côté les unes des autres des gouttes de liquides précipitant au contact, sur une couche de gélatine déposée sur une plaque de verre, on obtenait des sortes de cellules à sections polygonales ; on pouvait y observer un cytoplasma et un noyau.

L'aspect régulier des cellules ainsi obtenues les faisaient ressembler aux réticulations chagrinées que présentent certains clichés ; on crut un moment que les deux phénomènes devaient être analogues.

Le Dr Stéphane Leduc a fait des recherches méthodiques qui lui ont montré qu'il n'y avait aucune relation entre ces deux phénomènes.

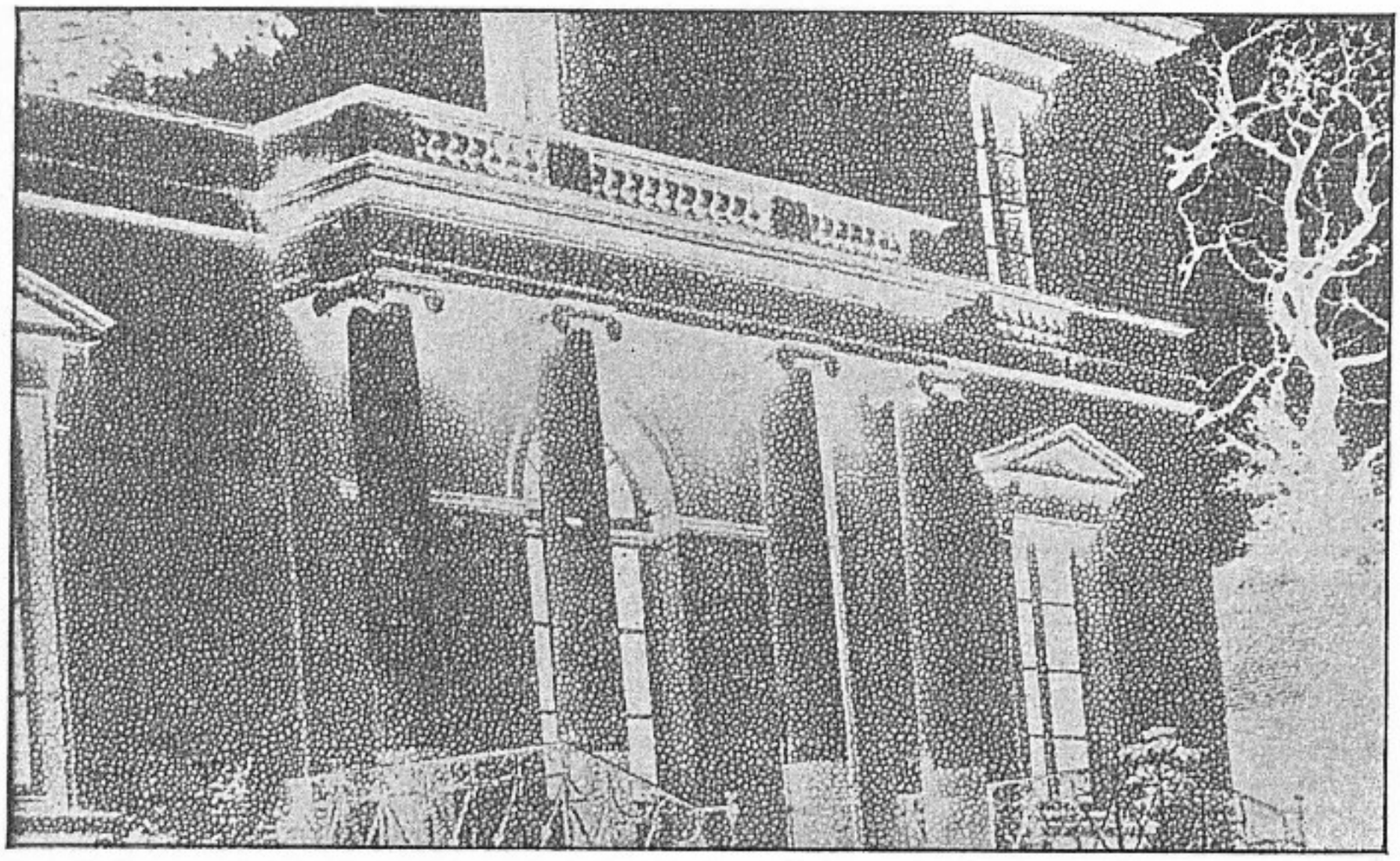


FIG. 1. — ASPECT CHAGRINÉ.

Le Dr Stéphane Leduc a bien voulu nous adresser une note détaillée sur ces recherches ainsi que quelques épreuves en montrant les résultats.

C'est à la chaleur seule que sont dues les lignes régulières donnant aux clichés les aspects chagriné, gaufré, zébré, etc. Il est aisé de reproduire ces altérations.

Il suffit de plonger le cliché, mouillé ou sec, dans de l'eau pure maintenue à la température de fusion de la gélatine, entre 32° et 34°. L'opération se fait en plein jour et on ajoute de temps à autre de l'eau chaude pour compenser la perte de chaleur due au refroidissement. Mais il faut éviter que la température du bain s'élève au-dessus de 32° à 34°, parce qu'alors la gélatine fondrait dans toute son épaisseur et le cliché serait détruit.

Certains clichés exigent, pour présenter le phénomène, une température plus élevée ; ce sont surtout ceux développés avec des révélateurs dont les produits d'oxydation déterminent une sorte de tannage de la gélatine (c'est ce qui arrive notamment avec le pyrogallol).

Lorsque l'effet cherché est obtenu, on retire le cliché pour le faire sécher ; on doit, lors du transport et pendant le séchage, maintenir le cliché horizontal : sinon la couche de gélatine fondue à la surface coulerait.

Il est donc aisé d'éviter cet insuccès. Il suffit de ne

pas trop approcher le cliché de la lanterne pendant le développement et d'employer des bains entièrement refroidis.

On obtient des aspects variés selon la rapidité d'action de la chaleur, c'est-à-dire selon la température à laquelle on opère entre 32° et 34°. Le dessin est d'autant plus fin que la température est plus basse et l'action plus lente;

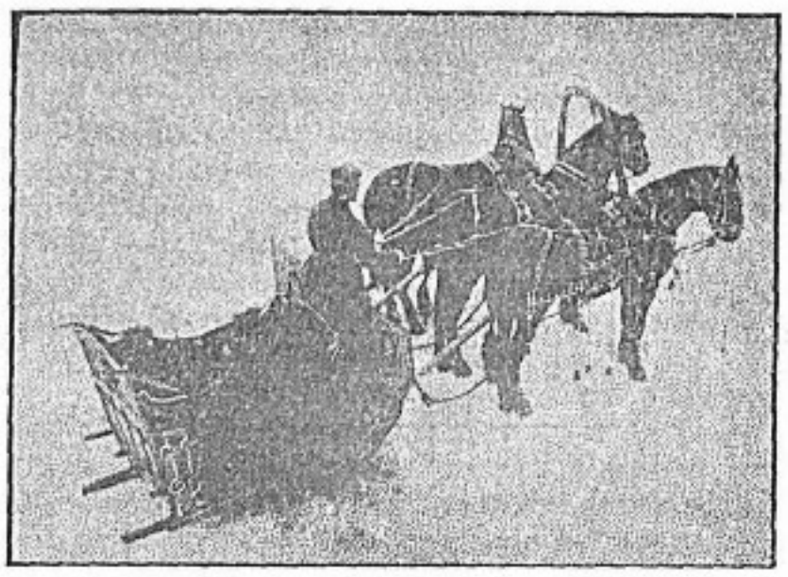


FIG. 2. — ASPECT ZÉBRÉ.

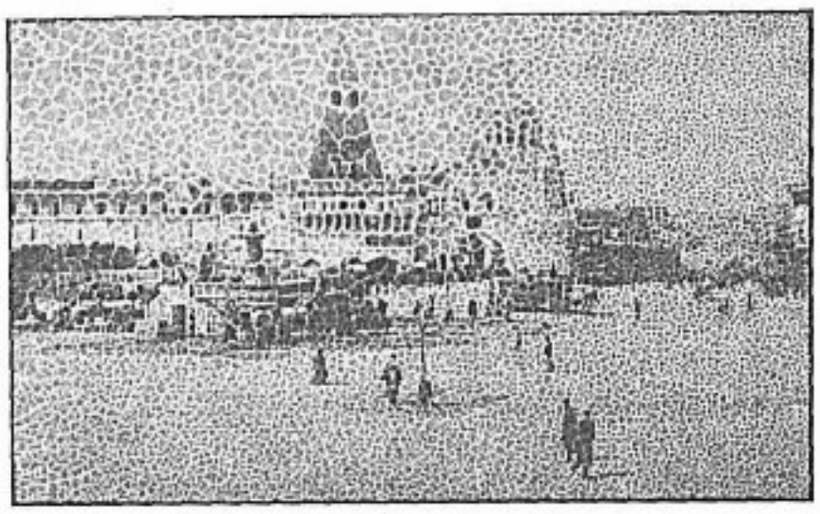


FIG. 3. — ASPECT CRAQUELÉ.

cela tient à ce que la gélatine est d'autant plus fluide que le bain est plus chaud.

La forme des lignes dépend du mouvement de l'eau dans la cuvette; si l'eau n'est pas agitée on obtient un aspect chagriné (fig. 1), formé de lignes noires circonscrivant un pointillé blanc. Si on agite l'eau en tous sens, on obtient la variété zébrée (fig. 2).

La figure 3 montre ce que les photographes appellent l'aspect craquelé.

Quelle est la véritable cause physique du phénomène? On peut se demander s'il est dû à un plissement de la gélatine; à sa dilatation avec éclatement de la couche d'argent réduit; à une fusion suivant des lignes régulières de la couche superficielle, à la diffusion entre l'eau chaude et la gélatine fondue, etc.

Le Dr Stéphane Leduc a observé que la gélatine n'était pas indispensable à la production de ces dessins. Si on répand du sang à la surface d'un sirop de sucre, de l'encre de Chine sur une solution de chlorure de sodium, etc., on obtient des figures analogues (fig. 4).

Il n'est même pas nécessaire d'avoir deux liquides superposés diffusant l'un dans l'autre.

La seule condition semble être la présence d'une poudre fine en suspension dans un liquide convenable : argent réduit dans la couche superficielle de gélatine fondue; globules du sang dans le sérum sur le sirop de sucre, etc. Les fines particules en suspension se réunissent par cohésion. Mais il reste à chercher d'où provient la régularité de cette cohésion, problème qui n'intéresse plus le photographe, mais le physicien.

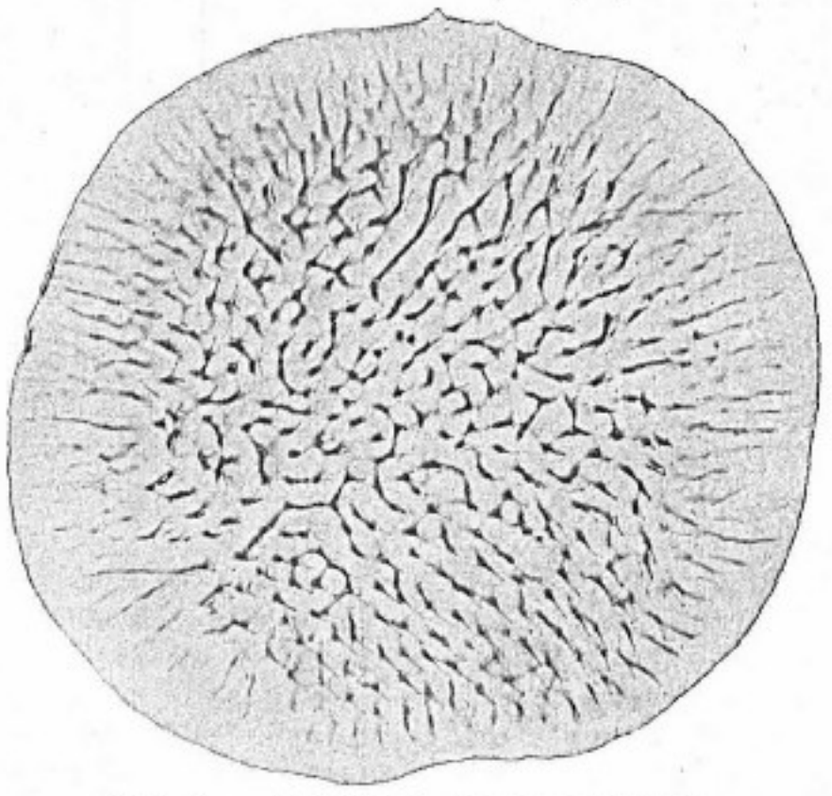


FIG. 4. — SANG SUR SIROP DE SUCRE

Les emplois du Trioxyméthylène en photographie.

Messieurs A. et L. Lumière et Seyewetz ont montré en 1896 qu'on pouvait remplacer, dans les bains de développement, les alcalis par les aldéhydes ou les cétones. On ne peut utiliser, bien entendu, que les aldéhydes et les cétones solubles dans l'eau; beaucoup présentent divers inconvénients d'ordre pratique. La grande volatilité de la plupart d'entre elles, gazeuses à la température ordinaire, fait que le titre de leur solution aqueuse varie facilement. D'autres renferment des impuretés susceptibles de causer nombre d'insuccès; enfin certaines sont d'un prix trop élevé qui s'oppose à leur emploi.

Aussi, seule l'acétone ordinaire avait reçu une application pratique et le révélateur au pyrogallol-acétone préconisé par MM. Lumière qui permet, en faisant varier les proportions d'acétone, d'obtenir une grande variété de tons, est devenu classique.

MM. Lumière et Seyewetz viennent de reprendre à ce sujet l'étude du trioxyméthylène ou paraformaldéhyde, qui n'avait pu être utilisé jusqu'à présent à cause de son insolubilité dans l'eau. Or MM. Lumière ont récemment signalé la solubilité de ce corps dans les solutions de sulfite de sodium et fait une étude détaillée de cette solubilité. L'une des propriétés intéressantes de cette solution est d'insolubiliser les couches gélatinées comme le fait la solution aqueuse de formaldéhyde (formol du commerce).

Les expériences de MM. Lumière et Seyewetz leur ont montré que le trioxyméthylène, en présence du sulfite de sodium, peut remplacer avantageusement les alcalis carbonatés ou caustiques dans la préparation des divers révélateurs phénoliques. Avec cette substitution, on n'a pas à redouter les accidents produits par un excès d'alcalis (soulèvement de la couche de gélatine); mais, grâce à la propriété que possède le trioxyméthylène d'insolubiliser la gélatine, les couches gélatinées tendent à être plus résistantes.

On peut employer des mélanges en poudre de trioxyméthylène et de sulfite de sodium pour remplacer à la fois les alcalis et le sulfite de sodium dans la préparation des révélateurs. On n'a pas à craindre ainsi l'altération de l'alcali caustique, puisque ce dernier ne prend naissance qu'après la dissolution du mélange dans le révé-

lateur. MM. Lumière ont donné le nom de formosulfite à ce mélange pulvérisé de sulfite et de trioxyméthylène.

Le formosulfite, comme l'ont montré MM. Lumière et Seyewetz, remplace avantageusement l'alun dans la préparation des bains de virage-fixage. Il présente en effet sur lui les avantages suivants :

1° La réaction du bain étant alcaline, l'hyposulfite de sodium ne se décompose pas; il n'y a pas production d'un précipité de soufre. Il en résulte que la préparation des bains peut se faire à froid, tandis qu'avec l'alun il faut opérer à l'ébullition pour éliminer plus facilement l'abondant précipité de soufre qui prend naissance.

2° Les bains de virage-fixage restent indéfiniment limpides.

3° Il est inutile, au sortir du bain de virage, de plonger les épreuves dans un bain d'alun qui provoque souvent un précipité de soufre lorsque l'image renferme encore de l'hyposulfite; le trioxyméthylène produit l'insolubilisation sans précipitation de soufre.

4° Enfin, dans le virage-fixage à l'alun, l'acidité de ce dernier est nuisible à la conservation des épreuves. Cette cause d'altération est moins à craindre avec les bains en formosulfite, à cause de la réaction alcaline de sa solution aqueuse.

G.-H. NIEWENGLOWSKI,
Préparateur (Chimie) à la Sorbonne.

LE MOUVEMENT SCIENTIFIQUE A L'ÉTRANGER

Je voudrais essayer de dégager dans ces lignes les tendances scientifiques des laboratoires étrangers et d'en signaler les résultats les plus importants, tant au point de vue pratique qu'au point de vue théorique.

Dans une comparaison, même superficielle, des revues de physique allemandes avec les revues françaises, on ne peut qu'être frappé de la place que tiennent dans les premières les questions de Chimie physique, un peu délaissées en France. Je me propose de jeter, dans ce qui va suivre, un coup d'œil rapide sur ce qui a été écrit dans ces derniers mois en Allemagne sur la question si intéressante des changements d'état.

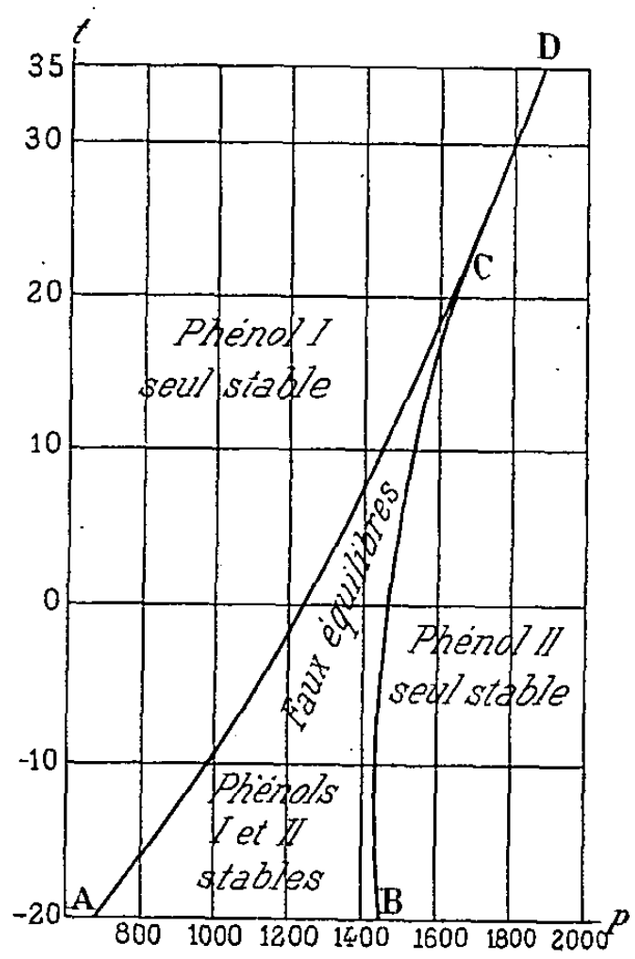
Transformations du phénol : applications à la physique du globe.

On sait que *M. Tammann* étudie depuis plusieurs années avec beaucoup de succès les transformations des corps solides. Ces études l'avaient conduit à la découverte, sous des pressions suffisantes, du passage de la glace ordinaire ou glace I, à une autre variété de glace, la glace II, par une transformation, bien entendu, *réversible*. Il a repris dernièrement une étude analogue sur le phénol cristallisé, et a trouvé des résultats fort intéressants et qui apportent le contrôle de l'expérience à la remarquable théorie de M. Duhem sur les *faux équilibres*.

M. Tammann fait d'abord remarquer que, tant qu'un corps n'est pas chimiquement homogène, c'est-à-dire *rigoureusement pur*, la température et la pression de fusion dépendent de la quantité du corps déjà solidifiée; on s'exposerait donc à de graves erreurs en construisant pour de tels corps une seule courbe de fusion, alors qu'il y en a une *infinité*.

Ainsi les produits commerciaux présentent souvent un intervalle de cristallisation de 2° à 4°, ce qui correspond à un intervalle de pression de fusion de 100 à 400 kg. par cmq. Il suit de là qu'on a un critérium physique extrêmement sensible de la pureté d'un corps dans le fait que, soit la pression de fusion à température constante, soit la température de fusion à pression constante, sont *indépendantes* de la masse du corps déjà solidifiée. De même que dans toutes les recherches analogues, la masse du corps transformé se calcule simplement d'après la variation de volume que subit le système au moment de la transformation.

Cela posé, quand on soumet du phénol ordinaire



aussi pur que possible, maintenu à la température de 35°, à une pression graduellement croissante, on s'aperçoit que quand on atteint 2 500 kg. par cmq., une transformation se produit : le volume diminue et, par suite, la pression baisse : cette baisse est d'environ *400 kg. par minute*, et la pression se fixe enfin à 1 900 kg. Le point représentatif de l'état du système est alors en D, sur la courbe des équilibres réversibles CD. Inversement, la transformation étant effectuée *complètement* sous une pression de 3 000 kg., si on laisse celle-ci descendre doucement jusqu'à 1 200 kg., elle remonte alors brusquement à sa valeur d'équilibre 1 900 kg.; mais ce saut de *700 kg.* se fait en *une seconde*, vitesse qui n'appartient qu'aux réactions explosives et qui rend par conséquent cette expérience dangereuse.

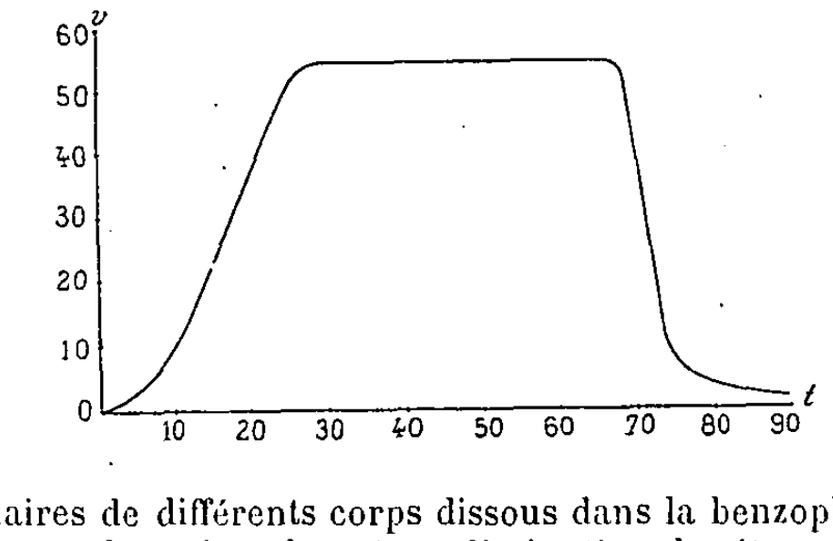
Ainsi, au-dessus de 30°, la pression d'équilibre atteinte dans l'une ou l'autre transformation est toujours la même, car un seul des états du phénol, de part et d'autre de la courbe CD, est stable. Au-dessous de 20°, au contraire, il reste, même après une demi-heure, 28 kg. de différence entre les pressions finales d'équilibre atteintes, soit en laissant la pression diminuer, soit en la faisant augmenter. Cette différence est de 800 kg. à 20°. Autrement dit,

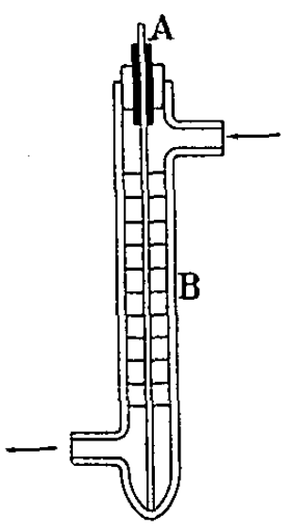
la *courbe* d'équilibre réversible CD se transforme en un *domaine* de *faux équilibres* ABC où les variétés I et II du phénol peuvent coexister à l'état stable. On voit donc que cette théorie des faux équilibres due à M. Duhem, analogues aux équilibres provenant des frottements en mécanique, paraît présenter un grand caractère de généralité.

Aussi M. Tammann propose-t-il de l'appliquer à l'explication des phénomènes géologiques. Sous l'influence des pressions énormes de l'intérieur du globe terrestre, tous les corps doivent subir des transformations. Si elles sont lentes, analogues à celle du phénol I en phénol II, elles produiront les soulèvements séculaires de l'écorce terrestre; sont-elles au contraire brusques, comme celle du phénol II en I, elles donneront naissance aux volcans et aux tremblements de terre. De toutes les innombrables hypothèses proposées pour expliquer le mécanisme des phénomènes géologiques, celle-ci n'est pas une des moins plausibles.

Surfusion. — Il serait fort intéressant de rechercher s'il ne pourrait exister un domaine de faux équilibres où le même corps pourrait coexister sous les états solide et liquide. Jusqu'ici, on n'a pas pu empêcher que la surfusion ne cesse, plus ou moins lentement, il est vrai, par le contact d'une parcelle solide. Cet état de surfusion lui-même, quoique connu depuis longtemps par les remarquables expériences de M. Gernez, reste encore bien mystérieux. Nous signalerons à ce sujet un travail de *MM. Schaum et Schœnbeck.* Ces auteurs ont remarqué que la surfusion cessait spontanément par la naissance de cristaux aux *mêmes* places du vase contenant le liquide surfondu. La disparition de ces *places critiques* paraît favorisée par diverses circonstances, en particulier par le temps pendant lequel a été chauffée la substance à étudier et surtout par la température à laquelle elle a été portée. Enfin ils ont remarqué que *quelques traces* d'un corps étranger, tel que l'alcool, facilitaient singulièrement la surfusion. Les expériences des auteurs n'ont porté que sur la benzophénone; aussi ne faut-il attacher à ces premiers résultats, quelque intéressants qu'ils soient, qu'une valeur d'indication.

Vitesse de cristallisation. — Au phénomène de la surfusion se rattache étroitement celui de la vitesse de cristallisation, étudié aussi pour la première fois par M. Gernez. M. Tammann en a fait, il y a quelques années, une étude approfondie, et a montré que, quand on fait cesser la surfusion en touchant le liquide contenu dans un tube avec une parcelle de solide, la cristallisation se propage avec une vitesse v qui croît à mesure qu'on refroidit davantage le corps surfondu. Vers 15° au-dessous de la température de fusion, elle devient *constante*, et le reste dans un intervalle d'environ 30°, puis elle diminue rapidement et tend vers 0, c'est-à-dire que le corps surfondu ne reprend plus que très lentement son état cristallin quand la température est assez basse. La courbe représentée ci-contre a été construite par M. Tammann pour la benzophénone. Les vitesses de cristallisation, exprimées en millimètres par minute, y sont portées en ordonnées, les températures en abscisses. Il suit de là qu'on peut définir pour chaque corps une *constante spécifique* qui est la vitesse de cristallisation. On était alors naturellement amené à songer que ce qui se passe pour les autres constantes physiques de transformation du corps, températures de fusion et d'ébullition, devait se retrouver pour la vitesse de cristallisation. *M. E. von Pickardt* en a fourni la preuve expérimentale en montrant que des masses équimoléculaires de différents corps dissous dans la benzophénone donnaient la même diminution de vitesse de cristallisation. Mais, tandis que Raoult avait montré que cette diminution était proportionnelle à la concentration du corps dissous, M. von Pickardt la trouve proportionnelle à la *racine carrée* de la concentration. Il y a là une différence fondamentale dont la raison théorique serait curieuse à rechercher. Il est inutile d'ajouter qu'il en résulte un mode de *détermination des poids moléculaires* bien simple, puisqu'il suffit de mesurer une vitesse de l'ordre de plusieurs centimètres par minute. On peut employer pour cela avec une exactitude suffisante un tube capillaire A rempli de la substance fondue (ce qui demande très peu de matière) et placé dans un tube B parcouru par un courant d'eau ou de vapeur à température constante. Sur ce tube sont tracés des traits dont la distance est connue et on mesure avec une montre à secondes le temps que met la surface de séparation entre le liquide surfondu et le solide à se propager entre deux traits. La difficulté principale est d'obtenir du dissolvant pur, la moindre *trace* d'impureté abaissant d'une façon notable la vitesse de cristallisation. Nous ferons remarquer à ce propos, en rappelant ce que nous avons dit sur les expériences de M. Tammann et sur le phénol, que les variations des propriétés et des constantes physiques paraissent ainsi donner des réactifs plus sensibles que ceux de l'analyse chimique de la pureté d'un corps, en touchant au mécanisme même des actions moléculaires.





Si, maintenant, de l'Allemagne nous passons à l'Angleterre, nous quittons le domaine de la recherche et de l'analyse patiente des petits faits pour entrer dans celui des spéculations théoriques et de la synthèse des idées générales.

Poids des atomes. — Je ne saurais en donner un meilleur exemple, ni plus intéressant, qu'en essayant

de résumer ici en quelques mots un magistral mémoire de Lord Kelvin sur le poids des atomes.

On sait que la vieille théorie atomique des philosophes grecs, rajeunie au XVIII[e] siècle, est devenue le moule simple et solide auquel se sont adaptées toutes les idées scientifiques du XIX[e]. D'après elle, les corps sont formés de molécules extrêmement petites, de forme quelconque et inconnue, mais *équidistantes*, c'est-à-dire occupant les nœuds d'un réseau cubique. Il en résulte qu'il existe entre le nombre n de molécules par unité de volume et la distance intermoléculaire d la relation $n = \frac{1}{d^3}$. Connaissant alors n, soit directement, soit par l'intermédiaire de d, le poids de la molécule d'un corps s'obtient en divisant n par la densité de ce corps.

D'une façon générale, toute modification apportée à un phénomène physique provenant de l'action de couches superficielles, par diminution de l'épaisseur du corps agissant, donnera évidemment une limite supérieure de la distance intermoléculaire d, puisque c'est à ce moment qu'entre en jeu pour modifier le phénomène la discontinuité moléculaire de la matière. La première tentative de ce genre est due à Thomas Young en 1805. Il trouva que le rayon d'activité moléculaire, qui figure dans la théorie de la capillarité de Laplace, est de 10^{-8} cm., sans grande exactitude. Puis vient l'essai de Lord Kelvin lui-même, dans ses recherches sur les forces électromotrices de contact. Il y montre, par un calcul ingénieux de l'énergie mise en jeu, que la simple constitution d'une pile à lames métalliques d'épaisseur environ 10^{-9} cm., amènerait une température suffisante pour former l'alliage des métaux. Nous avons donc suffisamment rapproché les molécules pour qu'il y ait action, et par suite d est sûrement supérieur à 10^{-9} cm.

Enfin Lord Rayleigh a donné des valeurs plus précises pour d en cherchant quelle quantité d'huile il fallait répandre sur l'eau pour produire une variation appréciable de la tension superficielle de cette dernière. Il trouva que cet effet était sensible pour une épaisseur d'huile de $10{,}6 \times 10^{-8}$ cm. et insensible pour une épaisseur de $8{,}1 \times 10^{-8}$ cm.

Il existe maintenant d'autres méthodes qui fournissent directement le nombre n de molécules contenues dans l'unité de volume d'un gaz.

Dans ses beaux travaux sur la diffusion du gaz, Maxwell arrive par des considérations théoriques à trouver que la quantité ns^2 (s étant le diamètre des molécules *supposées sphériques*) est donnée en fonction de quantités expérimentalement connues. La grandeur s, il est vrai, est inconnue; mais pour un gaz tel que l'argon, qui est *monoatomique*, les molécules doivent être le plus simple possible, et nous admettrons donc qu'elles sont sphériques : nous admettrons également qu'à l'état liquide elles se touchent exactement, ce qui paraît correspondre à l'incompressibilité bien connue des liquides; alors s est égal à d, c'est-à-dire que nous aurons facilement n, qu'on trouve égal à 10^{20} environ.

Une dernière méthode enfin a été déduite par Lord Rayleigh de ses considérations théoriques sur le bleu du ciel. Cette couleur est produite par la diffusion de la lumière incidente par les particules extrêmement fines de l'atmosphère, et le rapport, mesurable expérimentalement, de la lumière incidente à la lumière diffusée dépend du nombre n de ces particules. Si on admet que celles-ci sont les molécules d'oxygène et d'azote, on trouve, toutes corrections faites, $n = 2 \times 10^{19}$, ce qui ne peut être qu'une limite inférieure, car il est bien évident que les autres particules de l'atmosphère, poussière et vapeur d'eau, doivent jouer un rôle dans le phénomène.

Si l'on compare entre elles ces différentes méthodes, on voit qu'elles donnent des valeurs de la distance intermoléculaire qui varient du simple au quadruple [1].

On peut donc affirmer que cette distance est comprise entre 10^{-8} et 10^{-7} cm., pour les corps solides et liquides, bien entendu, puisque ce n'est que chez eux qu'elle a une valeur définie. Est-ce à dire maintenant que nous avons démontré l'existence des molécules et des atomes, et que si jamais nos moyens d'investigation nous permettent d'atteindre ces longueurs infiniment petites, nous aurons isolé des molécules? La question ainsi posée me paraît dénuée d'intérêt et de sens. Mais on ne peut pas s'empêcher d'admirer la fécondité et la logique de la conception atomique qui aboutit à des résultats théoriques si concordants à partir de données d'expérience puisées dans tous les domaines de la physique. Et si, comme je le disais en commençant, la théorie atomique a été le plus fécond instrument de travail scientifique du XIX[e] siècle, il ne semble pas qu'elle ait rien perdu de sa valeur à l'aube du XX[e].

CH. LEENHARDT,
Agrégé-préparateur au Laboratoire
des Recherches (physique).

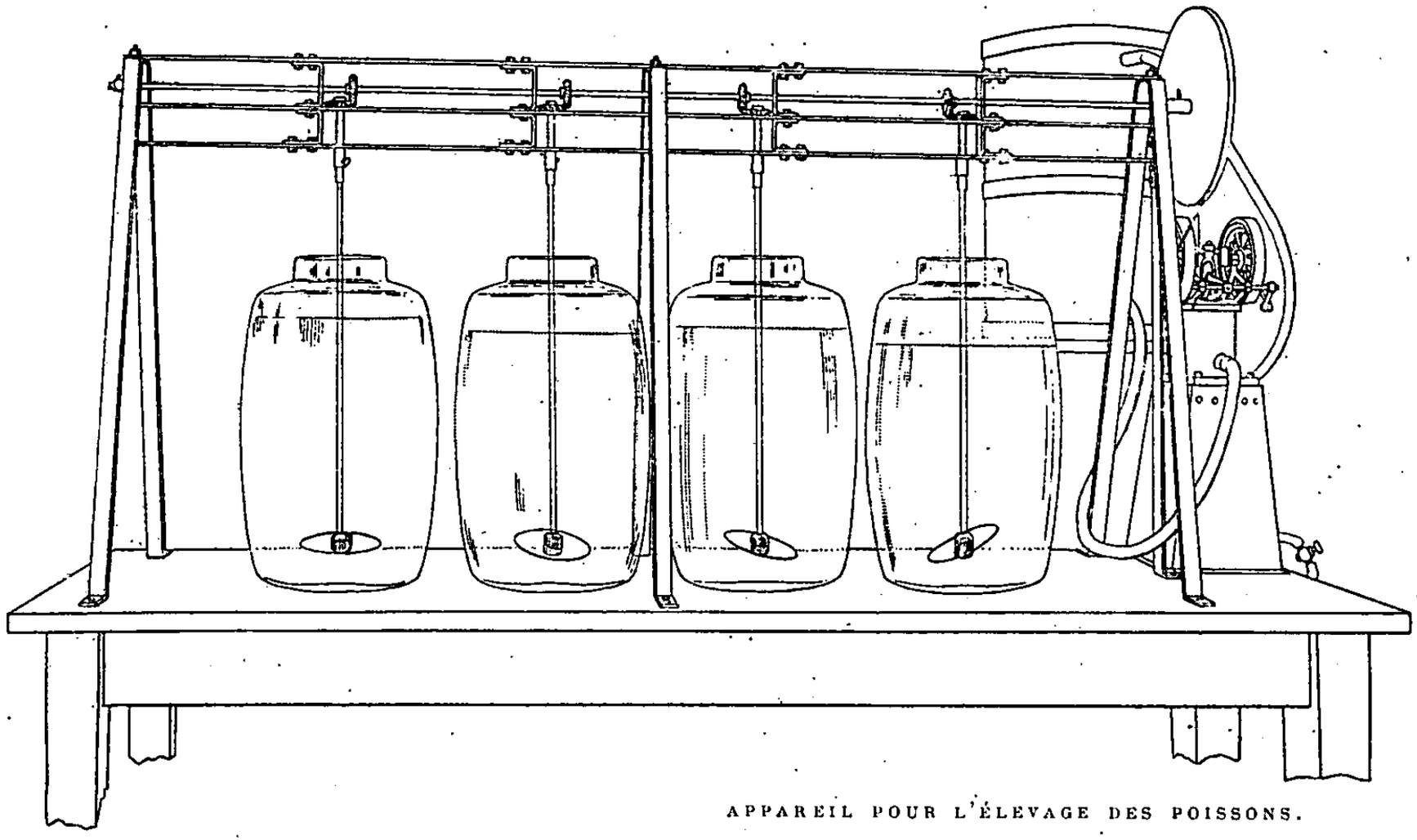
PETITES APPLICATIONS
DES SCIENCES NATURELLES

Appareil pour l'Élevage des Poissons.

Une des conditions les plus essentielles pour que les embryons de poissons se développent normalement est qu'ils soient soumis à une eau, non seulement renouvelée, mais encore agitée. Parmi les nombreux appareils employés dans ce but, celui que viennent d'inventer MM. Fabre-Domergue et Biétrix semble à la fois très simple et très pratique. Quatre tonneaux de verre, d'une contenance de 50 litres environ, sont placés côte à côte au-dessous d'un bâti de fer fixé sur la table même qui les supporte. La partie supérieure du bâti porte un arbre horizontal muni à l'une

1. Nous croyons devoir faire remarquer que le mémoire de Lord Kelvin laisse de côté un mode de détermination des distances intermoléculaires signalé par M. Lippmann comme application de ses études sur les phénomènes électrocapillaires. L'expérience permet en effet de déterminer la capacité de polarisation d'une électrode par unité de surface A, qui est à peu près constante. Si on admet avec Helmholtz que cette capacité provient d'une couche double électrique d'épaisseur ε, s'opposant aux actions moléculaires dues à la capillarité, on trouve que l'épaisseur ε est égale à environ 3×10^{-7}, ce qui est de l'ordre de grandeur des distances intermoléculaires. Le nombre ainsi trouvé se montre donc parfaitement d'accord avec ceux obtenus par les autres méthodes.

de ses extrémités d'une poulie de transmission. Le long de cet arbre et au-dessus de chaque récipient, deux pignons d'angle transmettent le mouvement à un petit axe vertical muni inférieurement d'une douille en bronze. Dans cette douille s'engage, maintenue par une vis de pression, une tige de verre parfaitement droite à la partie inférieure de laquelle se trouve fixé un disque de verre soigneusement arrondi et poli sur ses bords. Le disque est percé en son milieu d'une ouverture de diamètre un peu supérieur à celui de la tige qui le porte, de manière à ce qu'on puisse lui donner une inclinaison convenable et déterminée par la direction de section de deux bouchons de liège glissant à frottement doux sur la tige de verre et le maintenant solidement fixé. La distance la plus favorable du disque au-dessus du fond a paru être une dizaine de centimètres. Comme appareil moteur on peut employer une roue hydraulique ou, à défaut, une petite machine à air chaud d'Heinrici de 1/40e de cheval, chauffée par un simple bec Bunsen.



APPAREIL POUR L'ÉLEVAGE DES POISSONS.

❧

Injections d'argent métallique.

Nous avons parlé plus haut (p. 15) de l'emploi de l'argent métallique à l'état colloïdal (collargol) pour la destruction des microbes nuisibles. On fait beaucoup de bruit en Allemagne au sujet de ce nouveau remède; mais il ne faudrait pas croire que cela soit une découverte exclusivement allemande : loin de là.

Cette action nocive de l'argent sur les microorganismes a fait penser — sans doute avec juste raison — qu'il pourrait détruire les microbes des maladies. A ce propos M. Louis Rénon vient de rappeler à l'Académie de médecine que, depuis six ans, M. Follet utilise les injections d'argent métallique dans le traitement de diverses maladies, et, notamment, de la tuberculose, avec des résultats très intéressants. Dès 1896, M. Follet, en faisant des cultures microbiennes sur des pommes de terre, vit qu'elles ne poussèrent pas quand il isolait, avec un fil d'argent, les milieux de culture des parois du tube de verre. Il remarque, de plus, que les plaies suturées avec des fils d'argent se cicatrisaient plus rapidement que les autres. Dès lors, il essaya les injections d'argent dans diverses maladies. Elles sont faites dans les muscles de la région fessière et répétées une à deux fois par semaine. La préparation s'obtient de la manière suivante : on fait chauffer dans une capsule un sérum artificiel; on y ajoute un gramme de poudre d'argent réduit, porphyrisé dans un petit mortier. Le tout est émulsionné avec un mélange de sérum artificiel et d'huile de gaïacol et à l'eucalyptol (sérum artificiel, 60 grammes; huile au gaïcol et à l'eucalyptol, 10 grammes). La quantité entière du mélange est injectée chaque fois. M. Follet fait remarquer que, dans ces injections, la présence du *gaïacol* et de l'*eucalyptol* peut avoir une action utile, mais il pense que c'est à l'argent qu'on doit attribuer la plus grande partie des résultats obtenus.

Rappelons que d'autres métaux pourraient être étudiés et utilisés au même point de vue, par exemple l'or, le platine, l'osmium, le palladium, le cuivre dont l'action est puissante sur les éléments vivants.

❧

La verdeur des Vins.

On sait que, pour enlever la « verdeur » des vins, on emploie généralement du sel de tartre. Mais celui-ci a l'inconvénient de coûter assez cher (4 fr. 50 environ le kilogr.) et, quand il est employé en masse, il communique au vin une saveur saline. M. Paturet conseille de remplacer ce sel par la potasse à la chaux qui ne coûte que 2 fr. 50 le kilogramme et dont il faut beaucoup moins pour arriver au même résultat : le traitement d'un barrique ne revient pas à plus d'un franc. Voici comment M. Paturet conseille d'utiliser ce produit : on se procure une solution de potasse concentrée (10 p. 100) qu'on peut préparer simplement en faisant dissoudre 100 grammes de potasse en plaques dans un litre d'eau pure, en agitant pour rendre la liqueur bien homogène. D'un autre côté, on se procure des échantillons du vin à traiter; 4 litres de vin sont suffisants. Dans le premier litre, on verse, au moyen d'une pipette graduée en centimètres cubes, 4 centimètres cubes de la liqueur de potasse; 8 centimètres dans le deuxième; 12 centimètres dans le troisième; 16 centimètres dans le quatrième. L'opérateur bouche alors ses bouteilles, les agite pour mêler intimement le vin et la solution potassique; les bouteilles sont ensuite mises au repos dans une cave ou

un local frais. L'action de la potasse est très rapide, et, après quarante-huit heures, le bitartrate formé se dépose. On décante alors la partie claire et on procède à la dégustation. On juge ainsi quel est celui des échantillons qui a perdu le plus de sa verdeur, sans toutefois aller jusqu'au goût plat, et on adopte la dose de potasse correspondante pour traiter le vin. Si, par exemple, c'est l'échantillon ayant reçu 8 centimètres cubes de solution potassique qui paraît le meilleur, on en conclura qu'il convient d'employer 0 gr. 8 de potasse par litre, soit 80 grammes par hectolitre. Pour traiter le vin on fera dissoudre la quantité de potasse nécessaire dans un litre de ce vin, on versera la solution dans le fût, par petites quantités à la fois, en agitant. Il conviendra même de rouler le fût pour obtenir une diffusion complète de la potasse dans toute la masse du vin. Après quelques jours de repos, le bitartrate formé s'étant déposé, on soutire pour le séparer du vin, qui peut être livré ensuite à la consommation.

HENRI COUPIN,
Docteur ès sciences naturelles

Bulletin Météorologique

Janvier 1903.

Les éléments les plus importants à considérer pour caractériser le temps pendant une période donnée, un mois par exemple, sont, sans nul doute, la *température* et la *pluie*.

La pression barométrique ne vient, pour ainsi dire, qu'accessoirement, préciser, pour l'esprit du météorologiste surtout, les conditions atmosphériques. Dire qu'en janvier 1903, à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, le baromètre a oscillé entre 743 mm.8 et 772 mm.4, que la hauteur moyenne à midi, 760 mm.8, est supérieure de 0 mm.2 à la normale, cela n'a pas une signification bien immédiate pour le public. Tout le monde s'entend, au contraire, sur ce que signifient les moyennes thermiques et ce que l'on pourrait appeler les « pluviosités » d'un mois.

La température moyenne de janvier au Parc Saint-Maur, calculée avec vingt-quatre observations horaires, est de 3°,52, supérieure de 1°,65 à la normale. C'est dire que le temps a été doux, mais l'écart ne présente rien d'exceptionnel. D'ailleurs, il est curieux de remarquer que depuis huit ans, c'est-à-dire depuis 1896, les mois de janvier ont tous donné des moyennes thermiques supérieures à la valeur normale. L'écart a même été considérable en janvier 1899, dont la moyenne, 6°,0, es une des plus hautes que l'on connaisse.

L'anomalie thermique notée à Paris s'est étendue à presque toute la France; à Nantes, Clermont, Lyon, Besançon, les températures moyennes sont en excès d'environ 2° sur les normales correspondantes; à Perpignan, cependant, l'écart est négatif mais reste faible.

Il n'y a eu qu'une période de froid, qui s'est étendue à toute la France, du 12 au 17. Ce froid a coïncidé, comme c'est le cas le plus ordinaire, avec l'existence d'une aire de forte pression sur le nord de l'Europe, amenant sur nos régions des courants d'est et de nord-est. Dans les environs de Paris, on a noté des minima de — 9°,1 à Vaucluse, — 9°,4 à Villepreux, — 9°,0 à Trappes, — 8°,2 au Parc Saint-Maur, tandis qu'à l'intérieur de la ville on notait seulement — 6°,3 au Bureau central météorologique et — 7°,4 à l'observatoire de la Tour Saint-Jacques. De tels écarts entre stations relativement rapprochées sont constants; ils proviennent de différences dans l'altitude ou la situation topographique. Dans les autres régions, on a noté, du 15 au 17 : — 12°,1 à Clermont, — 11°,0 à Langres, — 10°,7 à Lyon, — 9°,4 à Nancy, — 8°,6 à Toulouse.

Un réchauffement s'est produit à partir du 19, des basses pressions s'avançant du large sur l'ouest de l'Europe, tandis qu'une aire de fortes pressions persistait dans l'est et le centre. La température moyenne, bien inférieure à la normale pendant la période précédente, s'est tenue ensuite dans son voisinage, tout en éprouvant de fréquentes oscillations.

A Paris (Saint-Maur), on a recueilli en janvier 56 mm.4 de pluie, quantité supérieure de 22 mm.9 à la normale. Le mois a donc été pluvieux à ne considérer que la hauteur d'eau tombée; mais il faut noter que le nombre des jours pluvieux, qui a été de 10, est, par contre, inférieur à la fréquence moyenne. Ces deux éléments, quantité d'eau recueillie et nombre de jours pluvieux, doivent être considérés tous les deux, si l'on veut avoir une idée complète de la pluviosité d'un mois. On en a ici un exemple, qui, dans d'autres cas, peut encore être plus frappant. On peut imaginer un mois où il tomberait, en deux ou trois fois, 60 mm. d'eau. Ce mois serait pluvieux au point de vue de la quantité d'eau tombée; mais, sans doute, serait-il considéré comme ayant été très sec par la plupart des personnes qui n'auraient eu, que deux ou trois fois, à se servir de leurs parapluies. A ce point de vue, la durée totale des chutes d'eau est utile à considérer; au Parc Saint-Maur, elle a été, le mois dernier, de 55 heures, tandis que la moyenne de vingt années, de 1881 à 1900, donne 68 heures.

Le temps a été surtout pluvieux durant la première décade du 17 au 25. Des pluies très abondantes sont tombées sur le Roussillon; à Perpignan, on a recueilli, en deux jours seulement, l'énorme quantité de 156mm. d'eau, alors que la moyenne mensuelle est de 60 mm. Ces fortes pluies ont eu d'ailleurs un caractère local; à Toulouse on a recueilli 23 mm. d'eau, et à Clermont, 10 mm. seulement.

La neige n'est tombée qu'une fois, le 13, au Parc Saint-Maur, sans former, d'ailleurs, une couche d'une épaisseur appréciable. On en a signalé une chute très abondante à Cherbourg, pendant une tempête du nord-est, qui a soufflé, sans discontinuer, du 12 au 14. Dans l'est ainsi que dans la région des Cévennes, les chutes ont été également très importantes.

CH. GOUTEREAU,
Météorologiste au Bureau Central.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

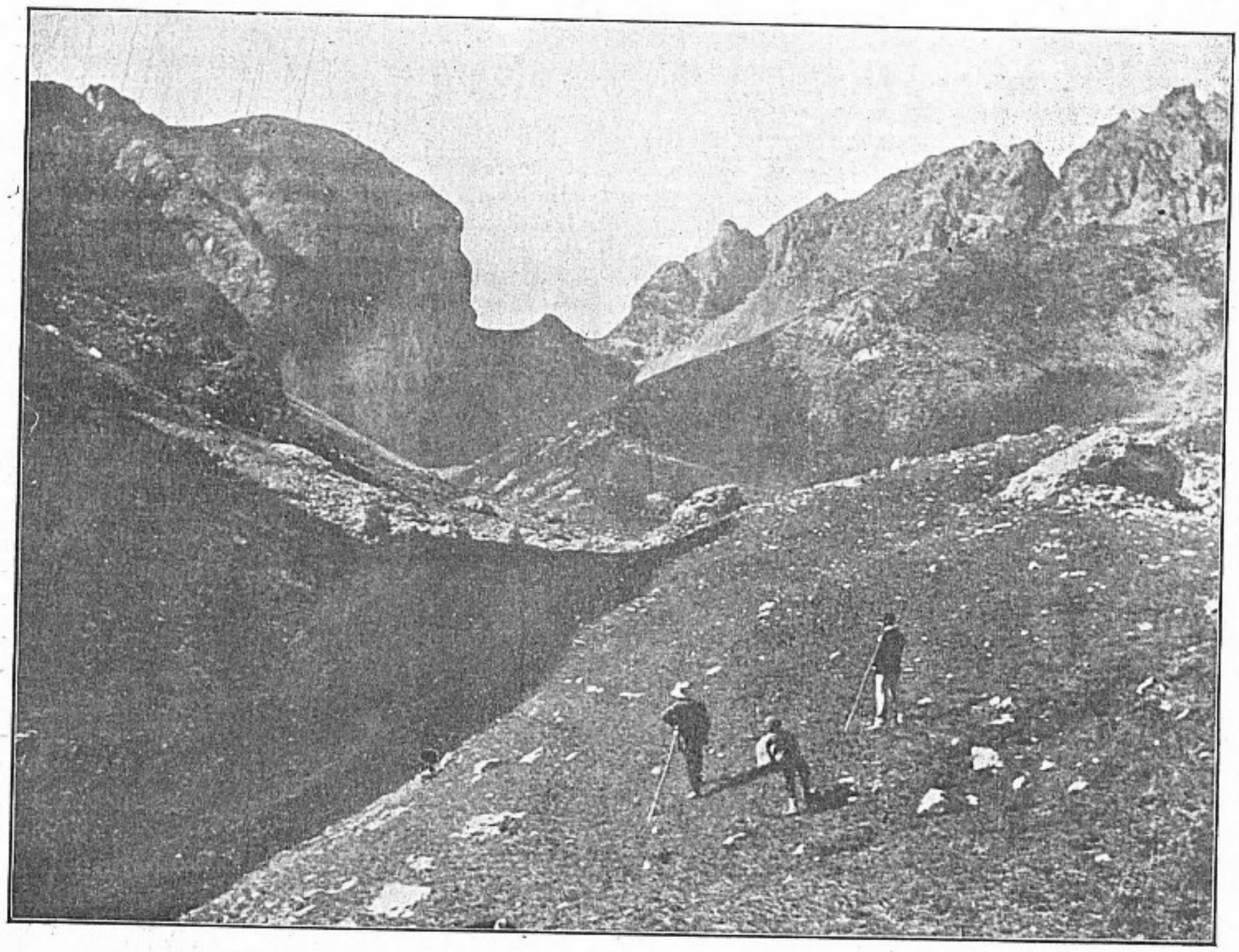


FIG. 1. — COL DE LA PALOUME, PRÈS DU PIC D'ARBIZON (HAUTES-PYRÉNÉES), où ont été établies, à 2300 m. d'altitude, les cultures expérimentales de M. G. Bonnier, faites comparativement avec les cultures des mêmes plantes, en plaine.

BOTANIQUE EXPÉRIMENTALE

CARACTÈRES DES PLANTES ALPINES ET ARCTIQUES RÉALISÉS EXPÉRIMENTALEMENT.

Lorsqu'on s'élève sur les pentes des Alpes et que l'on a dépassé les forêts de sapins, après avoir traversé les prairies qui les surmontent, on n'est pas loin des dernières limites de la végétation. A ces altitudes, toutes les plantes ont un aspect particulier : les tiges sont courbées sur le sol et portent des feuilles serrées, petites, épaisses et très vertes; les fleurs sont rapprochées du sol et acquièrent un éclat particulier. Si l'on déterre avec précaution une de ces plantes, on lui trouve généralement des tiges souterraines allongées, rameuses ou épaisses, avec de nombreuses racines. Ces parties de la plante situées sous le sol se sont développées sous la neige et contiennent de nombreuses réserves nutritives servant à produire les courtes tiges fleuries, qui s'épanouissent dans l'air et fructifient rapidement, de juillet à septembre, pendant la courte période où il n'y a pas de neige.

Au point de vue physiologique, toutes ces plantes ont aussi des caractères communs. La lumière, plus intense dans ces régions supérieures, favorise l'assimilation par les parties vertes des feuilles; celles-ci ont d'ailleurs des tissus à chlorophylle (substance verte) organisés d'une manière toute spéciale et adaptés à cette fonction. On peut constater très bien par expérience, que la même espèce de plante dégage jusqu'à deux ou trois fois plus d'oxygène par

unité de surface à cette altitude que dans la plaine, et, par suite, assimile deux ou trois fois plus de carbone provenant du gaz carbonique de l'air. La transpiration est également favorisée par la nature de l'atmosphère qui contient moins de vapeur d'eau sur les Alpes que dans la région inférieure.

D'autre part, les modifications de structure de la plante sont en rapport avec l'alternance diurne des températures ; ces végétaux subissent, en effet, une température très froide pendant la nuit, et relativement élevée, au soleil, pendant le jour. En particulier, le grand développement de tous les tissus protecteurs, tels que le liège, et la présence fréquente d'une substance rouge dans les cellules extérieures des feuilles paraissent dépendre de ces changements de température.

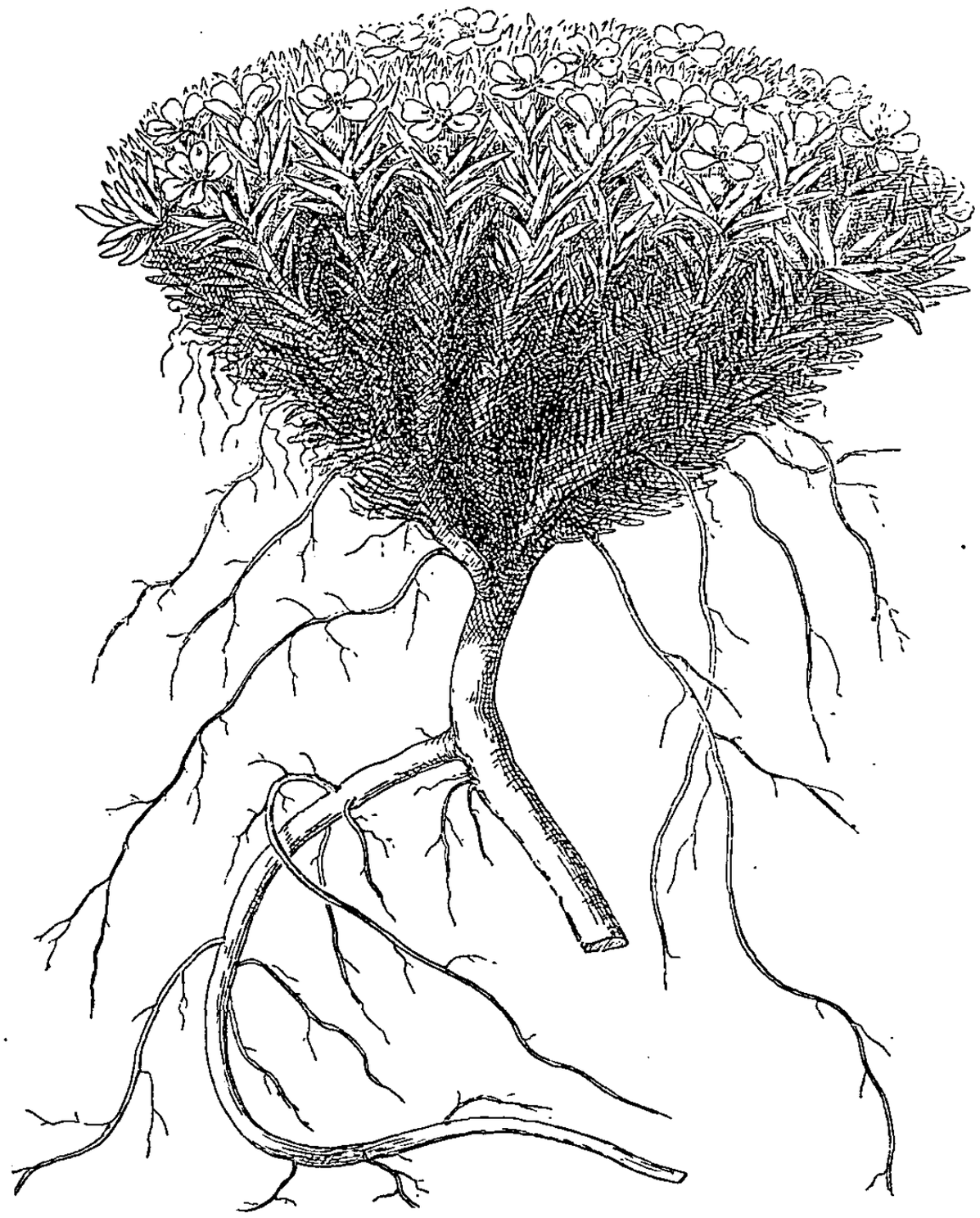


FIG. 2. — SILÈNE A TIGES COURTES.
Exemplaire du Spitzberg (grandeur naturelle).

Quand on voyage dans les contrées polaires, au Spitzberg, à l'île Jan Mayen, par exemple, on voit en été, sur les rivages, une étroite bordure de végétation qui rappelle beaucoup celle que nous venons d'examiner dans les Alpes, à la base de la région des neiges éternelles. Ce sont aussi des plantes à tiges couchées sur le sol, à feuilles très serrées, à fleurs d'un éclat vif, à parties souterraines très développées ; leurs tiges aériennes croissent, fleurissent et fructifient très rapidement dans le court espace de temps où la neige ne recouvre pas ces contrées glacées. La similitude d'aspect entre les plantes arctiques et les plantes alpines tient surtout à ce que, dans ces deux régions, la somme des quantités de chaleur reçue pendant toute la durée de la végétation est sensiblement la même.

Mais si l'on regarde attentivement ces plantes arctiques, on voit qu'elles présentent avec celles des Alpes des différences notables dans leur organisation. Le jour continu et faible des contrées boréales, l'atmosphère chargée d'humidité, la température peu élevée et peu variable dans la journée, le sol rempli d'eau, établissent autour de ces végétaux des conditions dissemblables de celles qui caractérisent le milieu ambiant dans la région alpine supérieure.

La chlorophylle est abondante dans les feuilles, mais répartie d'une manière plus uniforme. L'humidité détermine dans tous les tissus de nombreuses lacunes (voyez L, L', fig. 11), c'est-à-dire des espaces remplis d'air analogues à ceux que l'on observe chez les plantes aquatiques. Dans une même espèce, d'ailleurs, tous les éléments sont plus grands, les fibres beaucoup moins nombreuses et les tissus protecteurs moins développés. Les feuilles sont encore plus épaisses et donnent souvent au végétal presque l'apparence d'une plante grasse (fig. 5).

Quant aux fonctions des feuilles, l'assimilation est aussi activée chez les plantes arctiques, non pas à cause de la grande intensité de la lumière pendant le jour, comme dans les Alpes, mais par suite de la continuité d'une lumière

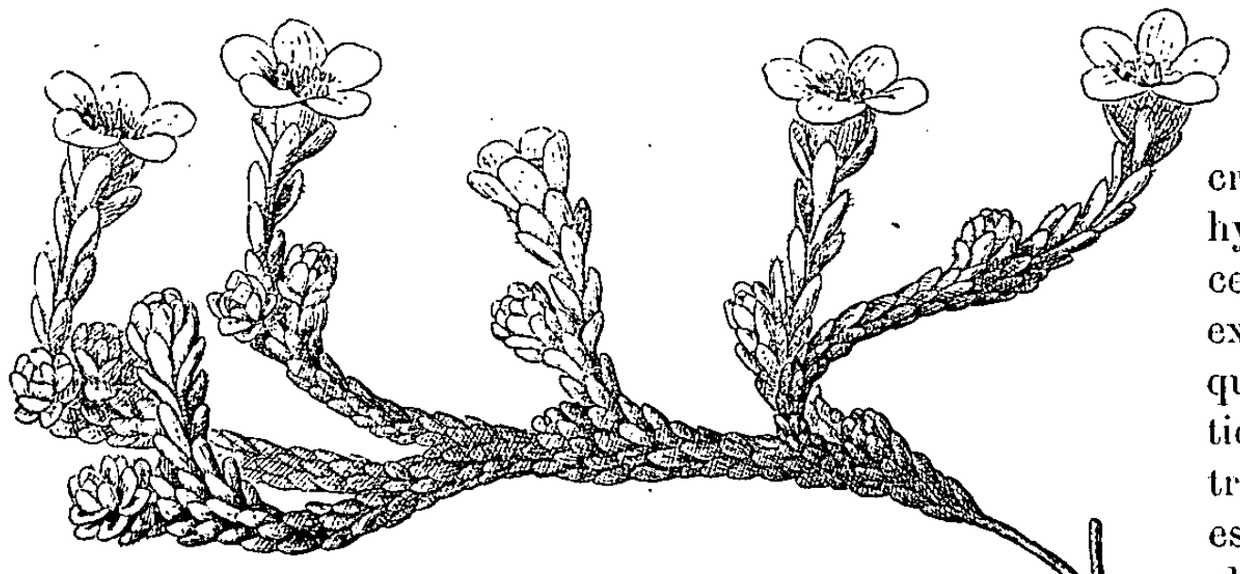


FIG. 3. — SAXIFRAGE A FEUILLES OPPOSÉES.
Exemplaire des Alpes (grandeur naturelle).

modérée. Mais la transpiration de ces plantes, au lieu d'être accentuée comme chez les végétaux des hautes montagnes, est au contraire ralentie par suite de l'air très chargé d'humidité dans les régions glaciales.

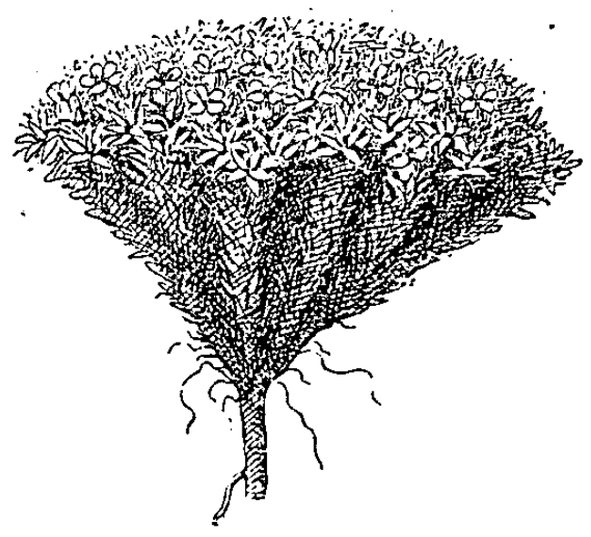
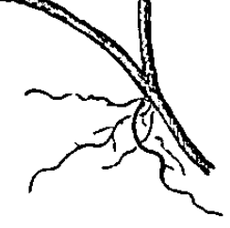


FIG. 4. — SILÈNE A TIGES COURTES.
Exemplaire des Alpes (grandeur naturelle).

Tels sont les principaux caractères des plantes alpines et des plantes arctiques, caractères qui s'appliquent d'une manière générale à toutes les espèces, mais deviennent très accentués chez celles qui sont tout à fait spéciales à ces régions.

Nous venons de supposer que les modifications de forme et de structure qu'on observe chez les végétaux alpins ou arctiques ont pour cause l'adaptation aux conditions climatériques des régions dans lesquelles ils croissent, mais c'est là une pure hypothèse. Certains naturalistes, ceux de l'École de Jordan par exemple, admettent au contraire que presque toutes ces modifications caractérisent des formes très distinctes, souvent même des espèces, et que l'adaptation au climat est insensible, ou ne peut s'effectuer qu'avec une extrême lenteur, à la suite de bien des siècles. C'est pourquoi je me suis proposé de traiter la question expérimentalement.



Je vais parler d'abord des plantes alpines.

Tout d'abord, depuis 1894, j'ai installé des cultures expérimentales, d'une part à l'Aiguille de la Tour, au-dessus de Pierre-Pointue, dans la chaîne du Mont-Blanc, à 2 400 m. d'altitude, d'autre part au col de la Paloume, près du pic d'Arbizon, dans les Pyrénées, à 2 300 m. d'altitude (fig. 1). Des plantes vivaces recueillies aux environs de Paris, ont été divisées chacune en deux parties : l'une a été plantée dans l'un des champs de culture des hautes altitudes, l'autre dans un champ de culture comparable établi en plaine,

FIG. 5. — SAXIFRAGE A FEUILLES OPPOSÉES.
Exemplaire ayant acquis artificiellement les caractères de la plante du Spitzberg (grandeur naturelle).

sur de la terre prise dans ces champs de culture des hautes montagnes. Les plantes de plaine se sont très rapidement transformées, de façon à acquérir, au bout de peu d'années, tous les caractères de forme et de structure des plantes naturellement alpines. Leurs fonctions physiologiques se sont aussi modifiées très rapidement, l'intensité de l'assimilation et de la transpiration, par exemple, atteignant le double ou le triple de celles des plantes de plaine. Je n'en citerai qu'un exem-

FIG. 6. — CULTURES COMPARÉES DE TOPINAMBOUR
en plaine (P) et à 2 400 m. d'altitude (M), à la même réduction. On voit en M' l'exemplaire obtenu dans la culture supérieure, représenté avec une moindre réduction.

ple : la figure 6 représente comparativement en P un plant de Topinambour de la culture inférieure, en M la simple rosette de feuilles qu'a développée la moitié du même plant dès la première année, à 2 400 m. d'altitude. On voit, en M′, cette même rosette de feuilles figurée à une taille moins réduite. Lorsque j'ai aperçu cette touffe de feuilles aplatie dans le terrain de culture supérieur, après la première saison, j'avais cru d'abord que le Topinambour n'avait pas poussé, et qu'il était venu à sa place une plante alpine à feuilles en rosette.

FIG. 7. — GERMANDRÉE CULTIVÉE ALTERNATIVEMENT DANS L'ÉTUVE A GLACE PENDANT LA NUIT ET DEHORS, EN PLEIN SOLEIL, PENDANT LE JOUR.

FIG. 8. — GERMANDRÉE CULTIVÉE DANS LES CONDITIONS NATURELLES DU CLIMAT PARISIEN.

FIG. 9. — GERMANDRÉE CULTIVÉE NUIT ET JOUR DANS L'ÉTUVE A GLACE.

D'autres expériences m'ont prouvé que la condition principale du climat alpin était l'alternance diurne de températures très opposées. J'ai cultivé, au Laboratoire de Fontainebleau, des plantes des environs de Paris en les soumettant pendant toute la saison à l'alternance d'une température glacée (pendant la nuit) et de la température de la journée, en plein soleil en été (pendant le jour).

Ces plantes, mises en pot, étaient placées, la nuit, dans des étuves à doubles parois renfermant de la glace fondante (fig. 12). Tous les matins, les plantes étaient placées dehors ; tous les soirs, elles étaient remises dans l'étuve à glace.

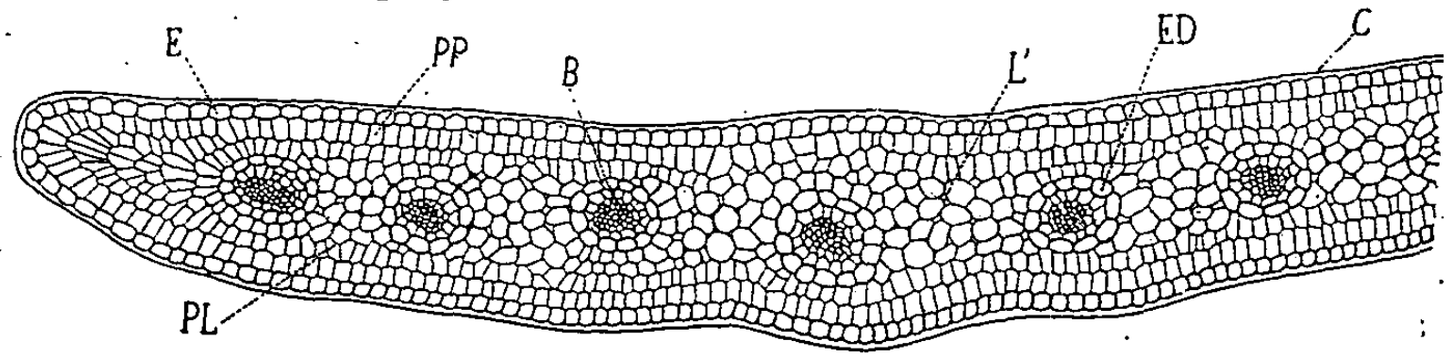


FIG. 10. — COUPE TRANSVERSALE D'UNE FEUILLE DE SAXIFRAGE A FEUILLES OPPOSÉES,
recueillie dans les Alpes françaises (vue au microscope).

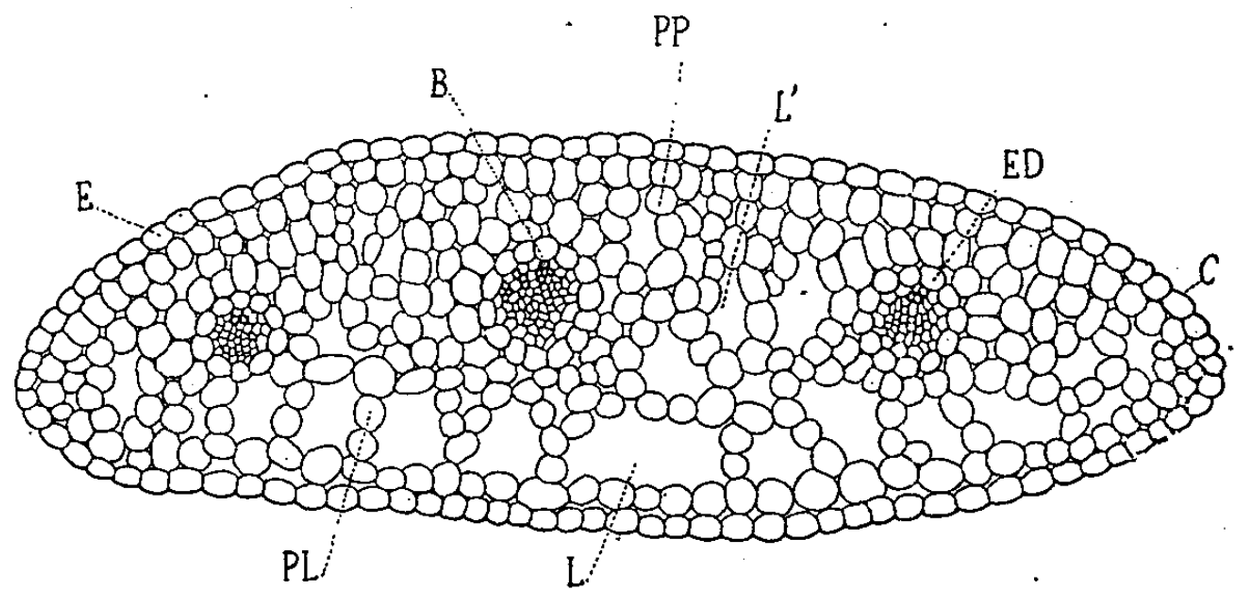


FIG. 11. — COUPE TRANSVERSALE D'UNE FEUILLE DE LA MÊME PLANTE QUE CELLE DONT LA FEUILLE EST REPRÉSENTÉE PAR LA FIGURE 10, APRÈS CULTURE A LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE CONTINUE, A BASSE TEMPÉRATURE ET DANS L'AIR HUMIDE (VUE AU MICROSCOPE).

La feuille a acquis les caractères des plantes semblables qui croissent naturellement au Spitzberg. — Dans les figures 10 et 11, les mêmes lettres indiquent les tissus comparables.

Dès la première saison, et plus encore après une seconde année, les plantes ayant été placées dans une glacière et recouvertes de neige pendant tout l'hiver, ces espèces des environs de Paris avaient pris presque toutes les caractères extérieurs, la structure interne et les fonctions physiologiques propres aux plantes des hautes altitudes.

Les tiges étaient devenues rampantes et étalées sur le sol ou plus petites et plus grosses, les entre-neuds rapprochés, les feuilles beaucoup moins grandes et plus épaisses (fig. 7), souvent avec l'apparition de cette substance rouge qu'on observe chez les végétaux des hautes montagnes ; les fleurs étaient relativement plus

grandes et plus colorées. En outre, ces exemplaires offraient les particularités anatomiques des plantes alpines, et l'assimilation chlorophyllienne y était exaltée par rapport aux échantillons témoins qui avaient été laissés dans les conditions naturelles du climat de la région parisienne.

Les figures 7, 8 et 9 représentent, par exemple, trois pieds comparables de Germandrées. Le premier (fig. 7) était soumis aux alternances de température; le second (fig. 8) était placé dans des conditions naturelles; le troisième (fig. 9) était laissé continuellement dans l'étuve entourée de glace fondante. C'est donc bien l'alternance diurne des températures qui provoque surtout les caractères alpins.

En ce qui concerne les plantes arctiques, je citerai les expériences suivantes par lesquelles j'ai fait croître des espèces alpines dans des conditions artificielles se rapprochant autant que possible de celles que présente le climat des terres glaciales boréales.

Plusieurs espèces alpines telles que le Saxifrage à feuilles opposées (*Saxifraga oppositifolia*) (fig. 3, 5, 10 et 11) ou le Silène à tiges courtes (*Silene acaulis*) (fig. 2 et 4) ont été prises dans la région alpine alors qu'elles étaient encore sous la neige. Ces plantes mises en pots ont été installées à Paris au Pavillon d'Électricité qui se trouve dans le sous-sol des Halles Centrales. Là, ces végétaux ont été exposés jour et nuit à la lumière électrique *continue*. Les rayons ultra-violets de cette lumière avaient été supprimés par le passage des radiations au travers de lames de verre; la lumière reçue produisait alors des effets physiologiques tout à fait analogues à ceux des rayons solaires. En outre, cette lumière .continue était réglée de manière à donner une intensité comparable à celle de la lumière des régions polaires pendant l'été; une température suffisamment basse était maintenue autour des plantes par un renouvellement d'eau froide autour des étuves vitrées où se trouvaient les cultures placées dans de l'air maintenu constamment humide.

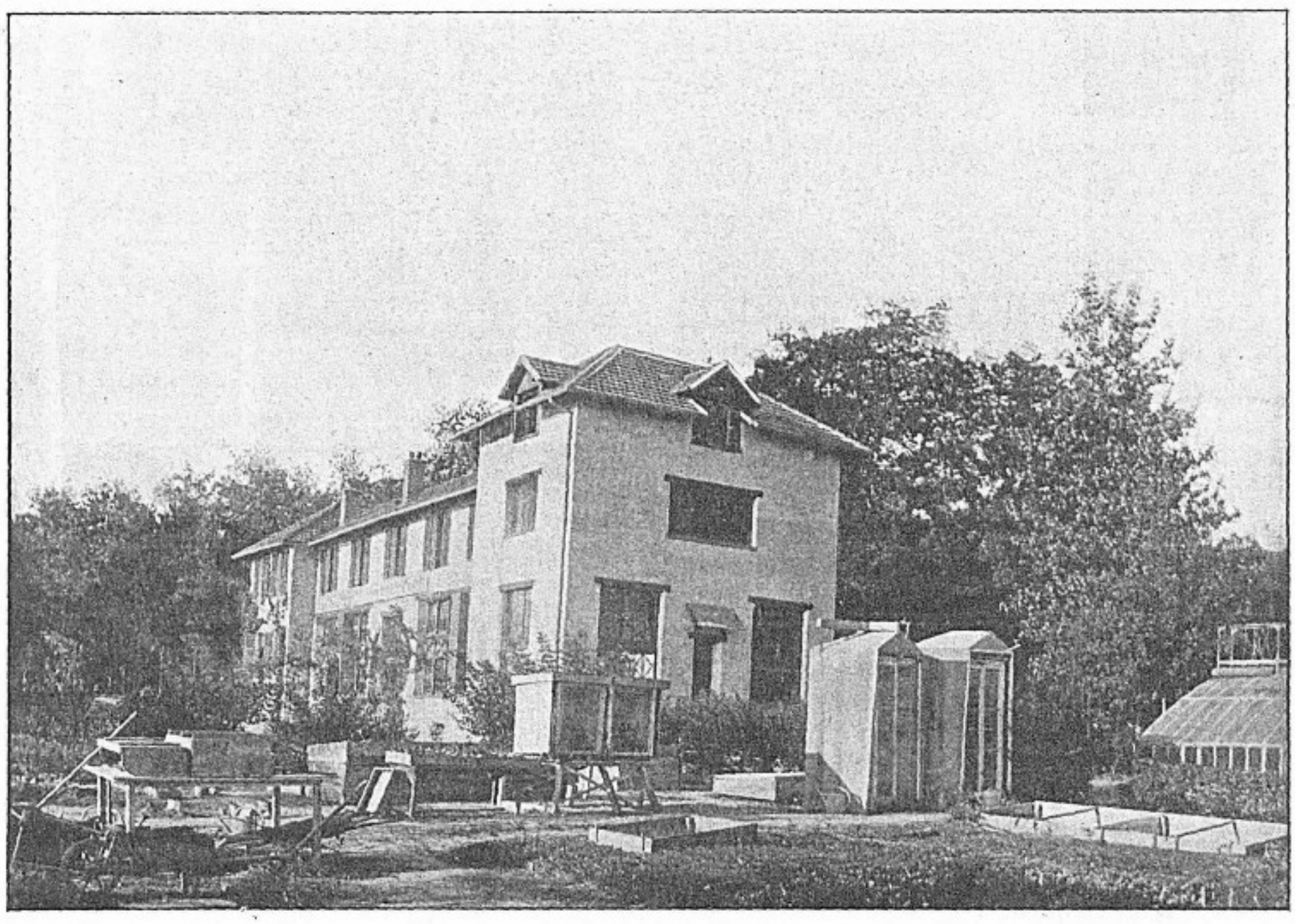


FIG. 12. — DISPOSITIONS DES CULTURES EXPÉRIMENTALES DE M. G. BONNIER AU LABORATOIRE DE BIOLOGIE VÉGÉTALE DE FONTAINEBLEAU.

Au milieu, étuves à double enveloppe, entourées de glace fondante, où les plantes sont placées pendant la nuit; à gauche, les mêmes plantes exposées au soleil pendant la journée; à droite, armoires à diverses températures pour culture de contrôle.

Des échantillons témoins avaient été placés à la lumière ordinaire, avec les alternances de jour et de nuit naturelles du climat de Paris.

Cultivées, dans les conditions que je viens de décrire, à la lumière continue, à cinq mètres d'une lampe à arc réglée à huit ampères, dans l'air humide de l'étuve maintenue à une température de 8° à 11°, les feuilles des nouvelles rosettes de ces espèces se sont très bien formées. Les pousses nouvelles, après leur développement complet, avaient acquis presque exactement l'aspect et la structure, non des plantes récoltées dans nos montagnes (fig. 3 et 4), mais des plantes de même espèce recueillies au Spitzberg (fig. 5 et 11). Ainsi était réalisée, dans ses grands traits, la synthèse de la structure particulière qui caractérise les plantes arctiques.

Il résulte de l'ensemble de ces expériences, qu'en changeant les plantes de climat, ou même en réalisant artificiellement les principales conditions d'un climat donné, on peut modifier leur forme et aussi leur structure la plus intime, de façon à leur faire acquérir tous les caractères des végétaux similaires qui croissent naturellement dans la région considérée.

Or, comme les espèces spéciales de ces contrées présentent les mêmes caractères avec une accentuation plus prononcée, on doit en conclure que l'adaptation au milieu ambiant est l'un des facteurs importants de la transformation des espèces.

GASTON BONNIER,
de l'Institut.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

LES AUTOMOBILES AU DERNIER SALON.

Les Nouveautés.

Les indications générales que nous avons données dans notre précédent article[1] nous permettent maintenant, sans trop risquer de rester incompris des non-initiés, de décrire les dispositifs nouveaux exposés au dernier Salon du cycle et de l'automobile.

L'attaque directe. — Nous avons sommairement expliqué comment la force du moteur se transmettait à l'essieu des roues motrices et nous avons vu que l'intermédiaire était d'ordinaire double : la boîte des changements de vitesse et la transmission proprement dite. Or, tout organe transmetteur, chaîne, pignons dentés, etc., absorbe dans les frottements une partie du travail qu'il transmet. Plus on accumule d'organes, plus la perte est grande et il n'est pas rare de trouver des voitures dans lesquelles plus de 50 p. 100 du travail produit par le moteur se perd ainsi en route. Sur les 20 chevaux de puissance fournis par un moteur il n'y en a souvent pas 10 qui sont réellement utilisés pour faire avancer la voiture. Il y a déjà plusieurs années que le concours de moteurs organisé par le journal *La Locomotion automobile* avait mis en évidence ce fait affirmé, plus d'une fois, par les théoriciens. Mais le constructeur est trop pressé pour réfléchir et il ne s'y résout que contraint et forcé par la concurrence.

Cette année, enfin, on a fait quelques essais louables de simplification et de suppression d'organes inutiles. C'est là la fameuse *attaque directe*, vieille vérité à propos de laquelle on bat triomphalement la grosse caisse!

L'attaque directe c'est la suppression du changement de vitesse pour *une* vitesse. Il est clair, d'après ce que nous avons dit plus haut, qu'il y a *une* des vitesses pour laquelle il est inutile de mettre en jeu un train d'engrenages. Ce train, qui constitue le *changement de vitesse*, n'est vraiment nécessaire que pour *changer* de vitesse et on ne conçoit pas comment les constructeurs ont mis si longtemps à découvrir cette vérité de M. de la Palice. Ainsi il y a une vitesse, la plus grande, dans laquelle l'un des deux intermédiaires n'existe pas, ne fonctionne pas. La transmission du moteur à l'essieu se fait *directement* et, comme c'est naturel, la boîte de changement de vitesse ne fonctionne que lorsqu'on veut ralentir. Le rendement est donc bien meilleur à la grande vitesse.

C'est un pas dans la bonne voie. Mais il y a encore beaucoup à faire dans cet ordre d'idées. Jusqu'ici le constructeur ne s'était préoccupé que

1. Voir *La Science au XX^e siècle*, n° 1, 15 mars.

d'une chose : faire des voitures qui marchent. Il est grand temps maintenant de faire des véhicules qui marchent *économiquement*.

Il pourrait bien se faire alors que le joint à la Cardan batte sa rivale la chaîne, car le travail absorbé par un joint est presque nul comparé à celui que dévore la chaîne.

A titre de document, pour les connaisseurs, nous nous contentons de donner ci-contre le croquis de la boîte à attaque directe (fig. 6) des automobiles Ader.

L'arbre B peut être soit attaqué directement

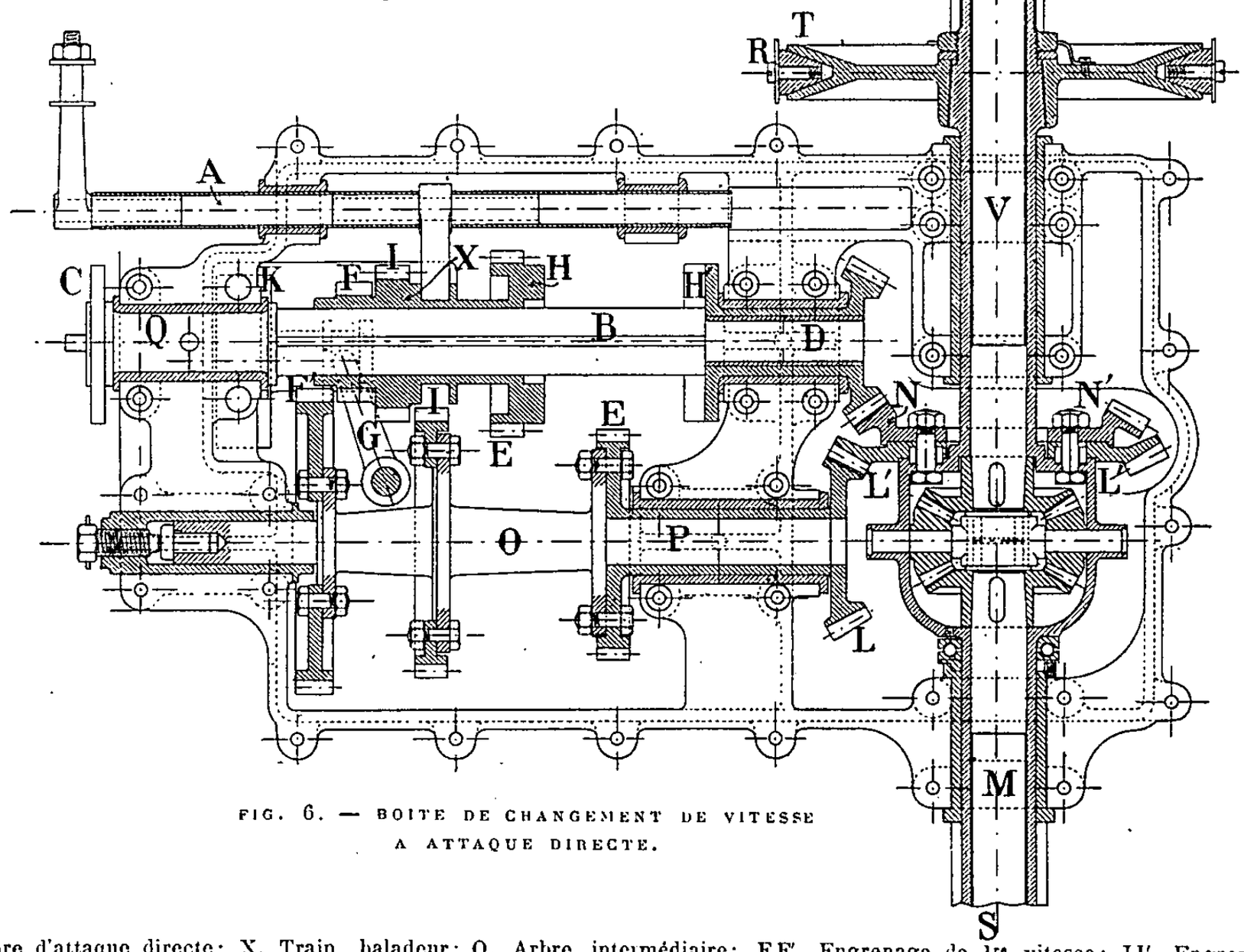


FIG. 6. — BOITE DE CHANGEMENT DE VITESSE A ATTAQUE DIRECTE.

B, Arbre d'attaque directe; X, Train baladeur; O, Arbre intermédiaire; FF', Engrenage de 1re vitesse; II', Engrenage de 2e vitesse; EE', Engrenage de 3e vitesse; LL', Pignons coniques de commande intermédiaire; G, Levier de commande de la marche arrière; A, Arbre de commande du train baladeur; HH', Manchons de prise directe; NN', Pignons coniques de commande directe; S, Main d'entraînement, attaque du moteur; PQDM, Paliers graissés automatiquement; V, Arbre différentiel; T, Poulie-frein du différentiel; R, Lame de frein du différentiel.

par l'engrenage conique NN', soit par l'intermédiaire des couples EE', II' ou FF' qui donnent les réductions de vitesse.

L'allumage par magnéto. — Il est une partie de la voiture automobile qui se transforme actuellement et dont il paraît intéressant de dire quelques mots : c'est celle de l'allumage. Nous avons vu, dans notre précédent article, que dans le moteur, à la fin du 2e temps, jaillissait une étincelle qui enflammait le mélange.

Nous n'avons pas parlé de l'ancien allumage (tube de platine maintenu incandescent par un brûleur), bien que quelques combinaisons ingénieuses lui aient redonné un peu de vogue (allumage catalytique).

Mais, dans l'allumage électrique lui-même, deux systèmes se partagent la faveur du public. Dans le plus ancien, une batterie de piles ou d'accumulateurs envoie un courant à une bobine qui, en élevant le potentiel, diminue son intensité : de là, le courant transformé se rend par un fil isolé à l'intérieur du moteur où se forme l'étincelle, celle-ci étant commandée par la marche même de la voiture et le circuit étant fermé par la masse métallique du moteur.

Aujourd'hui, l'allumage par magnéto, la nouveauté du jour, est très goûté. La *magnéto* est une petite machine génératrice d'électricité fournissant du premier coup un courant convenable pour donner une bonne étincelle. Celle-ci est produite par l'ouverture d'un circuit formé par

la magnéto, le fil isolé et la masse du moteur : elle est dite *étincelle de rupture* ou d'arrachement. La magnéto, commandée par le moteur, se met en marche avec lui.

Grâce à ce dispositif, l'encombrement et le poids sont bien diminués.

Dans les deux systèmes, une manette dite d'avance ou de retard à l'allumage, à portée de la main du conducteur, permet de faire varier légèrement le moment d'inflammation du mélange par rapport à la position du piston, et l'on ne saurait croire combien ces petites variations influent sur l'allure du moteur.

Défauts des anciens moteurs. — La description rapide que nous avons faite précédemment d'un moteur à pétrole et de son fonctionnement a mis nettement en évidence ses deux défauts principaux : la *brutalité* et le *manque de souplesse*. *Brutalité*, puisqu'il agit par « explosions » successives — alors que la vapeur, elle, agit par pression continue ; *manque de souplesse*, puisque nous avons vu qu'il ne donnait toute sa force qu'à 1 200 tours en général.

Pour combattre la brutalité, on n'avait jusqu'ici que deux armes : le volant qui, emmagasinant et rendant tour à tour l'énergie, transforme un mouvement de va-et-vient saccadé en une rotation de vitesse sensiblement constante, et la boîte d'échappement, ou *silencieux*, où les gaz brûlés, violemment expulsés du cylindre, se détendent avant de se répandre dans l'atmosphère. On évite ainsi une suite ininterrompue de véritables détonations et on commence même à mettre des silencieux à l'aspiration, celle-ci devenant bruyante aux grandes vitesses.

Quant à la souplesse du moteur, c'est sur elle que se portent aujourd'hui tous les efforts.

On savait, jusqu'à ces dernières années, empêcher les moteurs de tourner trop vite, à l'arrêt ou dans les descentes, au moyen d'un régulateur à force centrifuge, qui empêchait les soupapes de se lever et par conséquent le moteur de fonctionner (de là venait ce bruit irrégulier et discontinu des anciennes voitures); mais on ne savait pas faire tourner les moteurs à faible vitesse.

Ce sont la *commande des soupapes d'admission* et le *perfectionnement des carburateurs* qui ont aujourd'hui résolu la question.

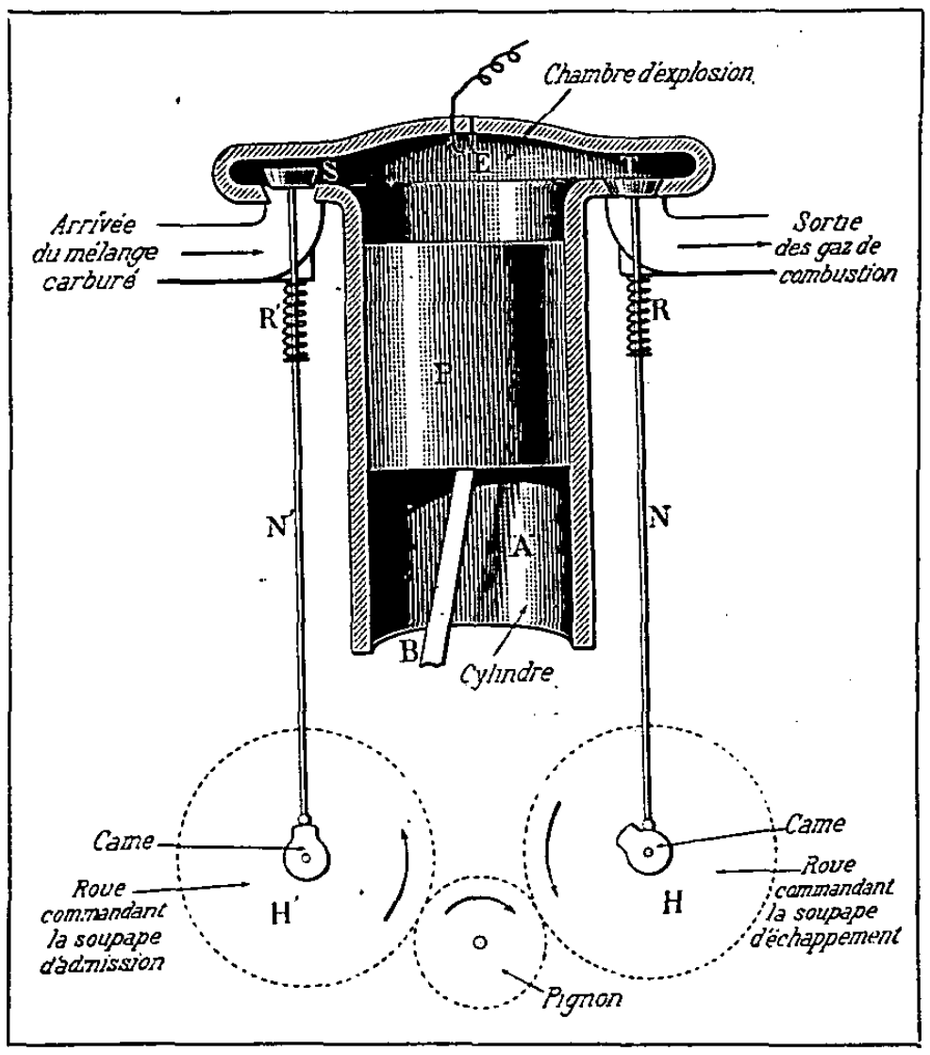


FIG. 7. — SCHÉMA DU NOUVEAU DISPOSITIF AVEC SOUPAPES COMMANDÉES.

Soupapes commandées. — Supposons qu'entre le carburateur et la soupape d'admission nous interposions un robinet permettant de faire varier le débit du gaz carburé, et que sur un moteur tournant à 1 200 tours, par exemple, nous diminuions le débit gazeux de moitié : que se passera-t-il? Pendant quelques tours, le gaz se trouvant raréfié dans le cylindre, les explosions seront faibles ou n'auront pas lieu, la vitesse du moteur diminuera jusqu'à devenir sensiblement moitié : c'est-à-dire que le piston aspirera du mélange gazeux pendant un temps double : chaque explosion reprendra, à peu près, la puissance primitive, mais nous en aurons moitié moins à la minute.

Or ceci aura lieu à deux conditions : les soupapes fonctionneront *normalement* et le mélange gazeux gardera une *composition constante*.

Avec les soupapes d'admission automatiques, quand on diminuait l'arrivée du mélange gazeux, la différence de pression qui faisait ouvrir cette soupape n'était plus assez considérable : la soupape s'ouvrait trop tard ou pas du tout, on devait donc la munir de ressorts faibles. Mais ceci avait un autre inconvénient, car la soupape restait parfois ouverte trop longtemps et laissait ainsi s'échapper, au commencement du 2e temps, une partie des gaz carburés, d'où perte d'énergie et dépense inutile.

On a donc été conduit à commander les soupapes d'admission comme celles de sortie. Le

seul reproche qu'on puisse faire à cette commande est la petite complication qu'elle entraîne, et ce reproche n'est pas sérieux.

La figure 7, qui porte les mêmes lettres que la figure 4 du précédent article, indique la modification subie par le moteur lorsque les deux soupapes sont commandées. Ici les deux soupapes S et T sont commandées, chacune par une came. Ces cames sont entraînées par deux roues H et H′ engrenant avec un pignon fixé (comme dans la fig. 4) à l'arbre du volant. Le dispositif est en quelque sorte symétrique : l'arrivée des gaz se fait par la gauche et l'expulsion à droite. La position du mécanisme correspond au début du premier temps (aspiration).

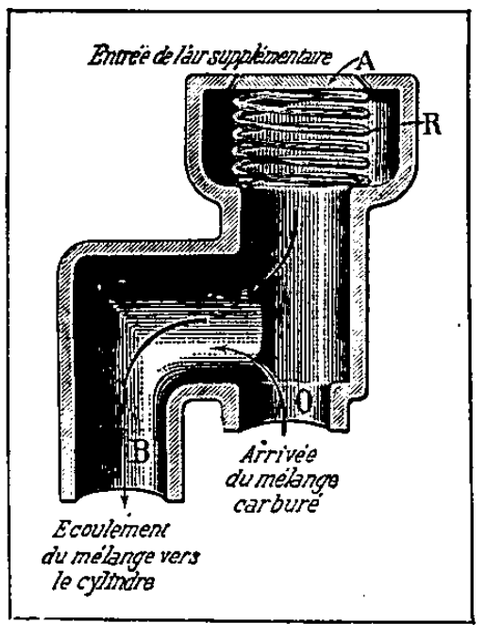


FIG. 8. — SCHÉMA DU DISPOSITIF SPÉCIAL DU CARBURATEUR ADER.

Nouveaux carburateurs. — Comme nous l'avons dit plus haut, les explosions ne se font dans de bonnes conditions que si le mélange tonnant a une composition bien déterminée. Le poids de l'air doit être 15 fois celui de l'essence.

Lorsqu'un moteur est réglé pour une certaine vitesse et que l'on accélère sa marche, l'aspiration de l'essence se fait trop vite et le mélange devient trop riche en essence. Au contraire, si on ralentit le moteur, l'essence sort trop lentement du gicleur et le mélange, trop riche en air, manque d'énergie. On voit donc que, pour avoir toujours une bonne carburation, c'est-à-dire pour que le rapport du poids de l'air à celui de l'essence reste *constant*, il faut que l'on agrandisse l'ouverture d'arrivée de l'air à mesure que la vitesse croît, pour compenser l'excès d'essence.

Il est excessivement difficile de régler cette arrivée *à la main*, on a donc eu l'idée ingénieuse de disposer le carburateur de telle sorte que le réglage se fasse *automatiquement*. Il y a déjà deux ans qu'un dispositif de ce genre a été adopté dans le carburateur *Ader*. La figure 8 indique schématiquement le dispositif. Le mélange d'air et d'essence arrive du carburateur proprement dit par l'ouverture O, suit le chemin des flèches et se dirige par l'ouverture B vers le cylindre.

Sur son trajet, au coude, se trouve une soupape formée de la rondelle A maintenue par un ressort R. L'appareil étant réglé pour les petites vitesses, lorsque la marche du moteur s'accélère, l'aspiration augmente, la pression intérieure diminue et, sous l'influence de la pression extérieure, la rondelle A cède en comprimant son ressort.

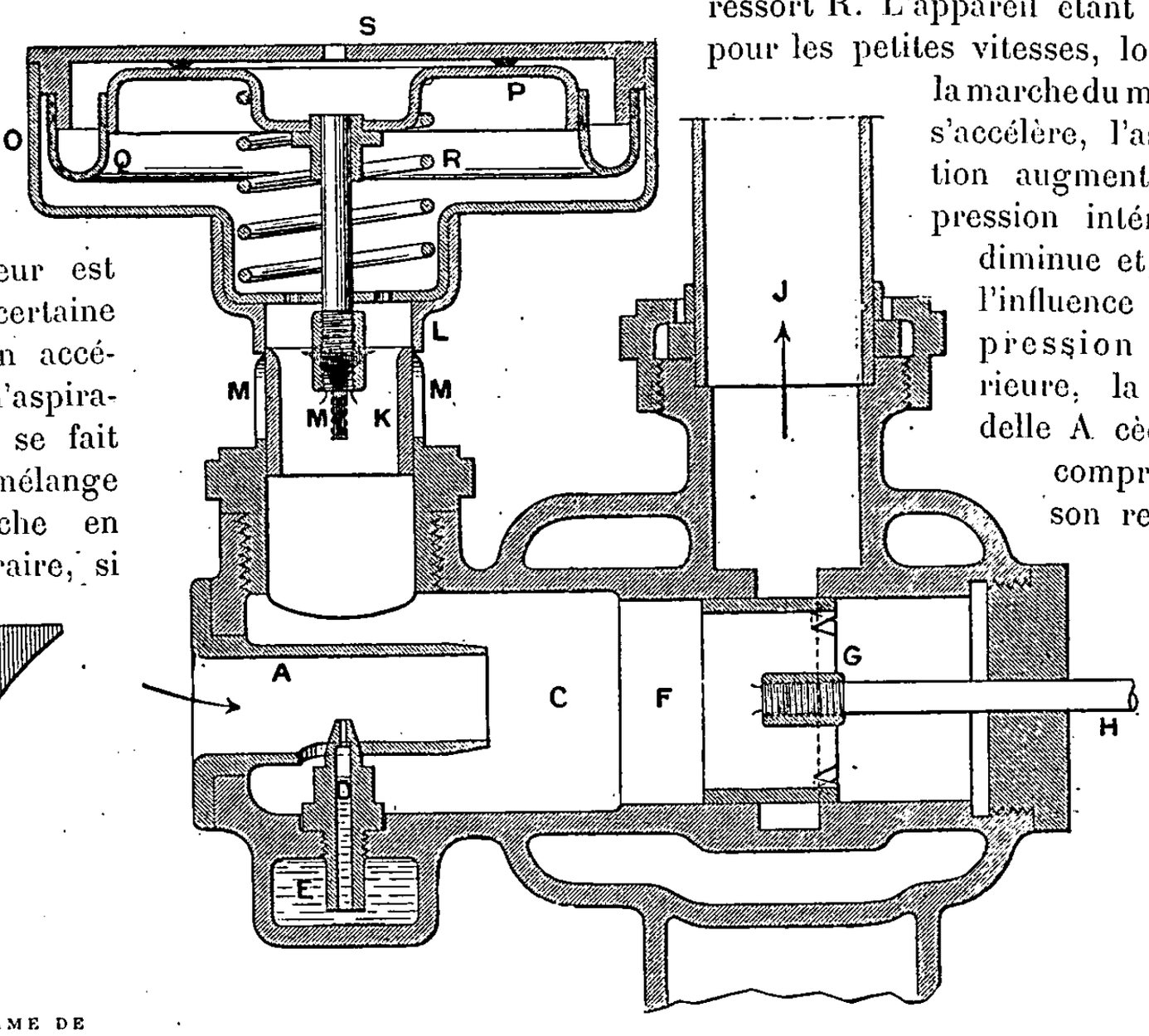


FIG. 9. — COUPE DU CARBURATEUR KREBS.

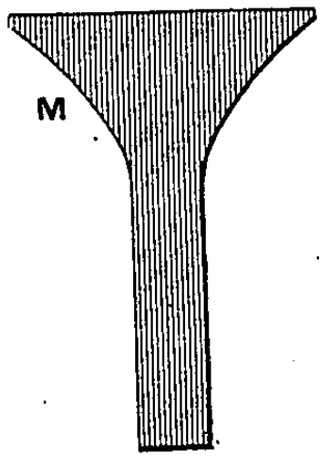


FIG. 10. — FORME DE L'OUVERTURE M.

Une coulée d'air supplémentaire s'effectue par l'ouverture A et cet appel d'air va en croissant avec la vitesse du moteur.

Cette idée a été reprise par la maison Mors, d'une part, et le commandant Krebs, pour les voitures Panhard et Levassor, d'autre part. Le dispositif du commandant Krebs ne diffère pas essentiellement, en principe, du précédent. Ce qui le caractérise, c'est une étude plus soignée de la forme à donner à la soupape pour que l'ouverture par où entre l'air supplémentaire remplisse aussi parfaitement que possible les conditions exactes du problème à résoudre. L'aspiration du mélange par le moteur se fait par le conduit J (fig. 9) dont l'ouverture est réglée par la position du piston F. L'arrivée normale d'air se fait par le conduit A où émerge la pointe du gicleur par où s'écoule l'essence E. L'arrivée supplémentaire de l'air se fait par les orifices M fermés par le tiroir K. Ce tiroir K est commandé par la tige du piston P soutenu parle ressort R.

Le fonctionnement général est le même que celui du carburateur Ader.

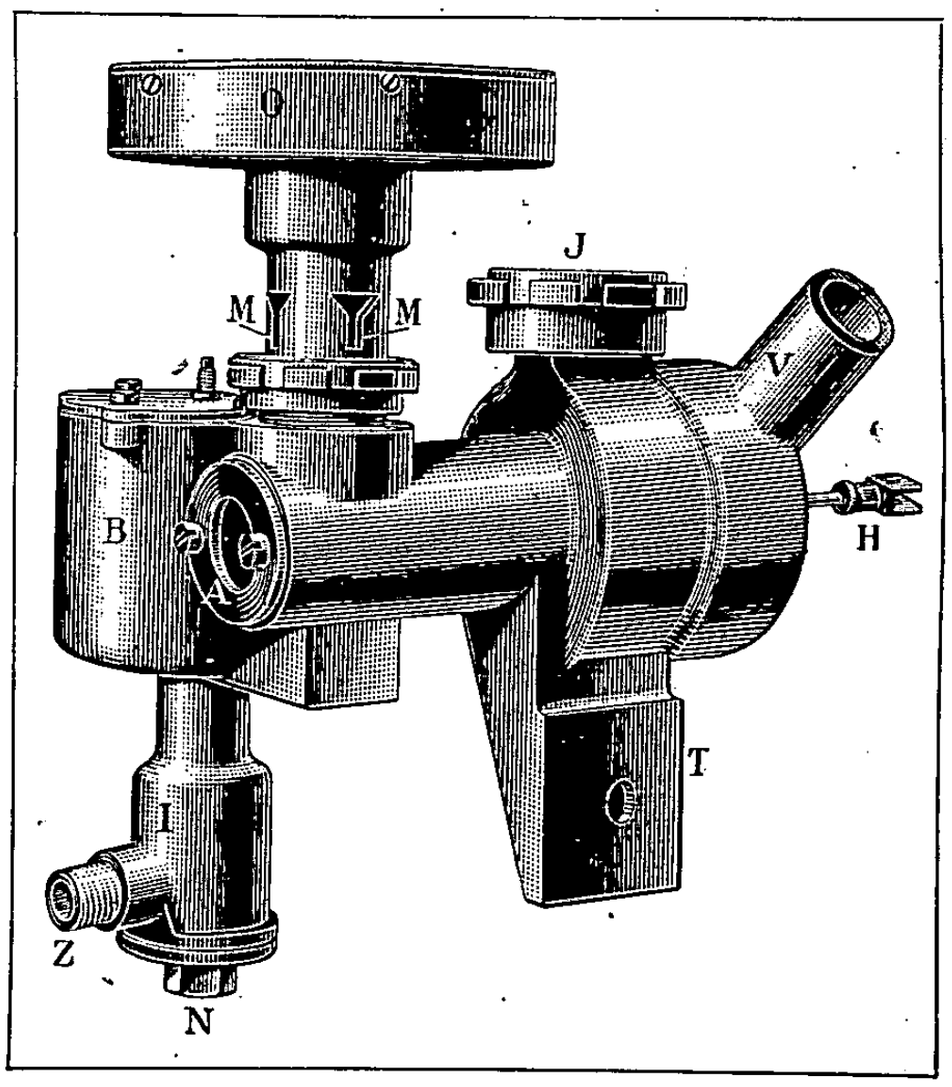


FIG. 11. — VUE EXTÉRIEURE DU CARBURATEUR KREBS.

Dans une note parue aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 24 novembre 1902, le commandant Krebs indique comment on pourrait déterminer par le calcul la meilleure forme à donner aux ouvertures de son appareil ; mais les *corrections pratiques* qu'il indique font supposer que, comme cela arrive généralement en pareil cas, on a d'abord construit l'appareil en cherchant expérimentalement la bonne forme et que le calcul n'est venu qu'après coup.

Quoi qu'il en soit, l'inventeur nous assure qu'avec cet appareil on peut facilement faire osciller la vitesse du moteur entre 150 et 1 200 tours en conservant toujours, automatiquement, une bonne carburation. Ce serait très beau.

En dehors des points saillants que nous venons d'étudier, le dernier Salon de l'automobile ne nous a rien révélé d'autre qui fût vraiment marquant.

On pourrait encore citer quelques détails ingénieux : comme l'emploi de graisseurs continus, *enfin* adoptés pour les grandes voitures, la commande de direction « à came » de MM. Malicet et Blin, etc. ; ce sont là des points particuliers sur lesquels nous pourrons revenir plus tard, mais qui ne trouveraient pas leur place dans une vue d'ensemble.

Nous nous contenterons, en terminant, de signaler, en attendant des détails plus complets, les essais récents tentés dans le but de donner de la souplesse au moteur à pétrole en n'effectuant pas complètement l'expulsion des gaz brûlés au quatrième temps. On conçoit que si on conserve dans le cylindre une partie des gaz de combustion on aura un mélange explosif moins riche et une explosion moins forte. On pourrait ainsi régler la puissance du moteur en faisant varier le volume des gaz expulsés.

En somme, l'impression générale est bonne. Il y a progrès, et progrès sérieux. Il n'était que temps ! On se décide enfin à étudier *scientifiquement* la voiture, à chercher des perfectionnements rationnels basés sur la logique et l'expérience.

Quoi qu'en disent les praticiens à outrance, la théorie a souvent du bon. Le tout est de savoir s'en servir !

CARLO BOURLET,
Docteur ès sciences mathématiques.

A. DE GRAMMONT DE GUICHE,
Licencié ès sciences.

PHYSIOLOGIE

CHANGEMENTS DE COLORATION CHEZ LES ANIMAUX.

La couleur ne se présente pas chez les êtres vivants avec les mêmes caractères de simplicité et de fixité que dans les corps inanimés. Bien qu'elle s'effectue chez les uns et chez les autres suivant des procédés semblables, elle offre chez les premiers une complexité et une variabilité en rapport avec leur activité propre. A côté des phénomènes optiques qui déterminent la coloration, il faut faire entrer en ligne de compte les modifications que les êtres sont susceptibles de leur faire subir. Cette contribution active de l'être dans la production des couleurs se manifeste avec une intensité particulière chez certains animaux à changements rapides de coloration dont le Caméléon est un exemple bien connu. On observe d'ailleurs entre ces êtres et ceux qui ont une coloration fixe toute une série d'états intermédiaires.

Les êtres vivants doivent, le plus souvent, leur coloration à la présence de matières colorantes, véritables teintures naturelles, auxquelles on a donné le nom de *pigments*. C'est là le cas le plus général. Mais à côté de ces colorations dites *colorations pigmentaires*, on observe des teintes déterminées par des jeux de lumière dus aux propriétés optiques particulières des tissus. Ces colorations sont sous la dépendance de phénomènes variés. Je pourrai citer comme exemples de cette catégorie de couleurs, les irisations des écailles des Poissons, de la couche nacrée des coquillages, etc., qui se rapportent à des phénomènes connus sous le nom de phénomènes d'interférence. Ces colorations sont constantes. Il n'en est pas de même pour les couleurs pigmentaires, la matière colorante, par suite de dispositions spéciales, étant susceptible de présenter des déplacements se prêtant à des jeux chromatiques variés.

Les *matières colorantes* ou *pigments* que l'on rencontre dans les téguments des animaux sont très nombreuses et diffèrent entre elles par leur composition et leurs propriétés. On les a néanmoins groupées et on a pu établir parmi elles des catégories distinctes.

Il est tout d'abord des pigments qui viennent tout formés de l'extérieur et qui se déposent en nature dans les téguments. Ces pigments sont le plus fréquemment introduits dans l'organisme par la voie alimentaire. Ils sont surtout répandus chez les êtres peu élevés en organisation tels que les Éponges, les Cœlentérés, etc. Souvent même ces pigments appartiennent à des êtres qui vivent en association avec ceux qu'ils colorent. L'Hydre verte, par exemple, doit sa coloration à la présence d'Algues qui vivent dans ses tissus.

Le plus souvent, les pigments appartiennent en propre à l'organisme et sont élaborés par lui. Ils sont bien évidemment formés aux dépens de matériaux venus de l'extérieur, mais ils n'acquièrent leur individualité que dans l'intérieur du corps. On les a subdivisés en plusieurs sous-groupes. Certains, de couleur généralement claire : rouge, jaune, etc., se rapprochent beaucoup des graisses auxquelles ils sont souvent associés. Comme ces dernières, ils sont formés de carbone et d'hydrogène et admettent les mêmes dissolvants (alcool, éther, chloroforme, benzine, etc.). On leur a donné à cause de ces ressemblances le nom de *lipochromes*. Ces lipochromes sont très nombreux. Les Vers, les Étoiles de mer, les Crustacés, les Poissons leur doivent leurs colorations claires (rouges, orangés, jaunes, etc.). C'est également un lipochrome, *la lutéine*, qui colore le jaune de l'œuf. Son abondance et la facilité de son extraction ont permis de nombreuses recherches sur cette catégorie de pigments. Aussi la lutéine est-elle regardée comme le type de cette classe de pigments. D'autres pigments se distinguent par leur coloration foncée, ce qui leur a valu le nom de *mélanines*. Les mélanines sont caractérisées par la présence de l'azote dans leurs molécules, et par leur résistance aux agents chimiques. A ce groupe appartiennent : le pigment noir de la peau humaine, particulièrement développé dans la race nègre, le pigment des cheveux bruns et des poils[1], celui qui colore le pelage des Mammifères, le noir des Céphalopodes (Poulpes, Seiches, etc.).

1. Le pigment noir colore non seulement les cheveux et les poils bruns mais aussi les cheveux et les poils blonds. Dans ce dernier cas le pigment est moins abondant et il existe en outre, dans les tissus des cheveux, de nombreuses lacunes remplies d'air. Les poils qui ne renferment plus de pigment ont une couleur blanche due à la réflexion de la lumière à la surface des bulles d'air. La teinte blanche provient du mélange en proportions variables de pigment noir et de bulles d'air.

Enfin, en outre de ces pigments, certains produits inutiles à l'organisme, produits de déchet, peuvent jouer un rôle analogue et se comporter comme de véritables pigments. Tels sont : l'*acide urique*, l'un des termes de la décomposition des substances albuminoïdes du corps, qui est très répandu dans certaines familles de Papillons (Piérides, Papillons blancs du chou) ; la *guanine*, substance voisine de l'acide urique, si abondante dans les excréments des Oiseaux (guano), qui colore les téguments des Poissons et des Amphibiens (Grenouilles, etc.). Suivant l'état sous lequel se trouve la guanine dans les téguments, elle produit,

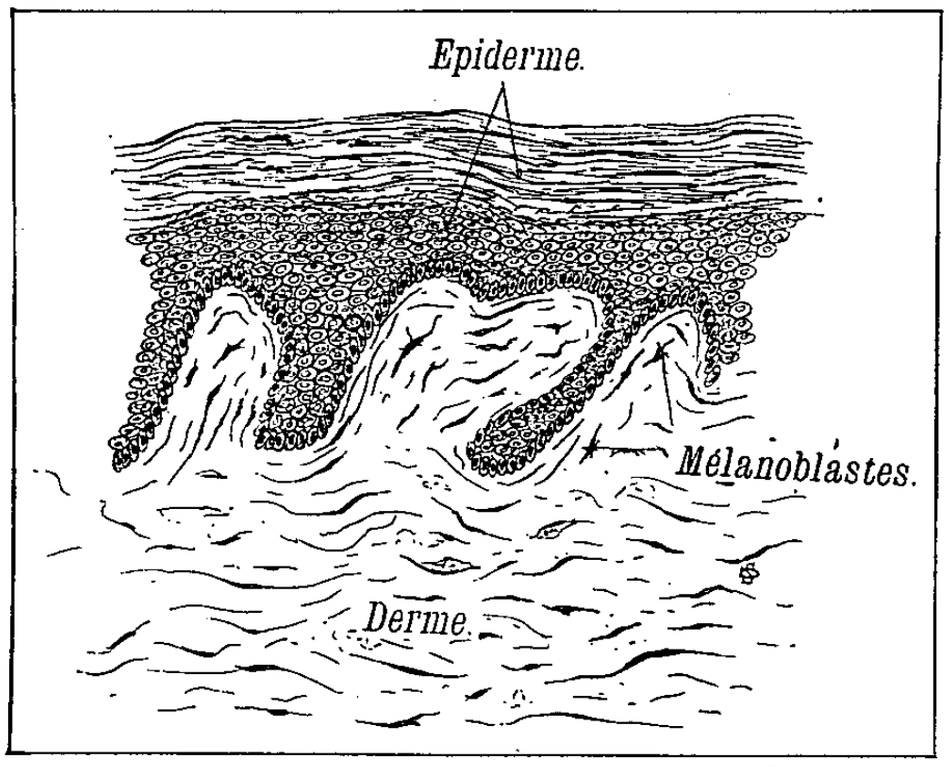


FIG. 1. — PEAU DE NÈGRE
(vue en coupe).

lorsqu'elle affecte la forme de lames minces, les irisations des écailles des Poissons et, sous forme de matière pulvérulente, la coloration blanc mat du ventre des Poissons, des Amphibiens et des Reptiles. Les lames minces de guanine, extraites de certains Poissons (*Ablette*), sont utilisées dans la fabrication des fausses perles. Ces produits au lieu d'être excrétés sont fixés à l'état insoluble, particulièrement au niveau de la peau. Sous cette forme ils ne sont plus nocifs pour l'organisme.

Les pigments peuvent se présenter sous divers états : ils sont parfois en dissolution dans les liquides de l'organisme et constituent des teintures généralisées. Un exemple remarquable est offert par le Scorpène (*Cottus scorpio*), poisson dont les muscles et les viscères sont imprégnés d'une teinture bleuâtre ou verte particulièrement abondante dans la cavité buccale. Mais le plus souvent, les pigments sont fixés sur des granules formés par une substance protoplasmique incolore. Dans ces derniers temps, on a attribué (M. Bohn) à ces granules colorés une vie propre qui expliquerait maintes particularités de la biologie de ces organites, tels que les mouvements et les déplacements qu'ils présentent sous certaines influences. Ces granules peuvent à leur tour être libres dans l'organisme ou inclus dans les éléments cellulaires. Ces derniers portent alors le nom de *cellules pigmentaires*. Je rappellerai que le corps de tout être vivant est formé de petits éléments visibles au microscope, formés d'une substance semi-fluide, le *protoplasme*, renfermant une partie plus réfringente, le *noyau*, et limités par une membrane, la *membrane cellulaire*. Ces éléments sont les *cellules*. Parmi ces dernières, certaines sont soudées les unes aux autres, les autres sont libres. Toutes les cellules, fixes ou libres, sont susceptibles de présenter à leur intérieur des granules pigmentaires, et notamment les cellules qui composent les tissus de l'enveloppe externe du corps, c'est-à-dire des téguments.

Ainsi dans la figure 1 qui représente une préparation de peau de nègre en coupe transversale on peut constater la présence de granules pigmentaires dans les diverses couches de la peau. Dans les couches les plus externes qui sont désignées sous le nom d'*épiderme*, les granules pigmentaires sont surtout abondants dans les parties profondes ; ils vont en diminuant dans les assises plus superficielles. Dans les couches sous-jacentes formées de fibres et d'éléments cellulaires libres constituant le *derme*, certaines de ces dernières, caractérisées par leur aspect ramifié, renferment également des granules pigmentaires ; on a donné à ces éléments le nom de *mélanoblastes* ou de *mélanocytes*. La peau du nègre ne diffère d'ailleurs de la peau du blanc que par la plus grande abondance du pigment.

Dans le cas précité, la coloration est fixe, tout au moins pendant un temps assez long. Il n'en est plus de même chez certains animaux. Leurs téguments renferment des cellules pigmentaires spéciales présentant un haut degré de différenciation. Ces cellules au lieu d'être immobiles comme dans le cas précédent sont douées de mouvements de contraction et de dilatation.

Elles se présentent (voir fig. 2) sous forme de petits vésicules qui peuvent s'étaler et émettre des prolongements ramifiés dans toutes les directions ou se contracter, c'est-à-dire retirer

leurs prolongements et prendre la forme sphérique. Les mouvements de ces éléments sont commandés par le système nerveux. Ces cellules pigmentaires et la partie terminale des nerfs qui s'y rendent forment un véritable appareil pigmentaire auquel on a donné le nom de *chromoblaste*. C'est au fonctionnement de cet appareil que sont dus les changements rapides de coloration. De tels changements s'observent chez les Crustacés, les Poissons, les Amphibiens, les Reptiles et les Céphalopodes. Les chromoblastes de la Grenouille sont un exemple dont l'étude facile permet de suivre pas à pas le mécanisme des mouvements pigmentaires. Les variations de teinte de cet animal sont peu étendues il est vrai, mais suffisamment nettes pour être appréciées. On peut remarquer tout d'abord que les Grenouilles placées dans un aquarium obscur ont une livrée plus sombre que celles qui sont exposées à la lumière dans un aquarium vivement éclairé. Diverses substances susceptibles d'impressionner le système nerveux agissent de la même manière sur les chromoblastes. Les mouvements de ces derniers peuvent être suivis avec la plus grande facilité dans la membrane natatoire tendue entre les orteils. Cette membrane est très mince et transparente. En examinant au microscope les éléments pigmentaires qu'elle contient, on peut étudier les diverses phases de contractions et de dilatations représentées dans la figure 2. En I la cellule pigmentaire est complètement étalée, elle pousse dans toutes les directions des arborisations longues et fines; en II et III la cellule pigmentaire est plus contractée; les ramifications sont plus courtes et plus grosses; enfin en IV la cellule est complètement contractée; les arborisations se sont retirées et la cellule s'est ramassée en boule. On a dans ces derniers temps discuté l'existence de ces mouvements. Pour certains auteurs, M. Carnot entre autres, la cellule elle-même serait immobile; les granules pigmentaires, grâce à leurs mouvements propres, tantôt émigreraient à la périphérie, tantôt se rassembleraient au centre autour du noyau. Le protoplasme de la cellule incolore deviendrait apparent par les migrations des granules. Ces changements de coloration sont beaucoup plus rapides chez d'autres animaux voisins de la Grenouille, tels que les Tritons et la Rainette. Ils sont également très accusés chez les Poissons. L'Épinoche et les Poissons changeants de Chine, si curieux par maintes particularités de leurs mœurs, en sont des exemples remarquables. De tous temps, les pêcheurs ont remarqué que la couleur des poissons change avec la teinte du fond. Ces observations ont été contrôlées expérimentalement par Pouchet qui a mis en relief le rôle de la vision dans les changements de coloration. Ce physiologiste après avoir aveuglé des poissons constata en effet chez ces derniers l'abolition de la fonction chromatique. D'une manière générale, ces changements ont pour résultat d'harmoniser la couleur de l'animal avec celle du milieu qu'il habite. Il y a là un exemple curieux de ces phénomènes que l'on désigne sous le nom de *mimétisme, convergence de coloration*, etc., et que l'on essaye d'expliquer par des théories nombreuses et variées. Lamarckistes, Darwinistes, Néo-Lamarckistes, en ont tour à tour donné des interprétations conformes à leurs théories.

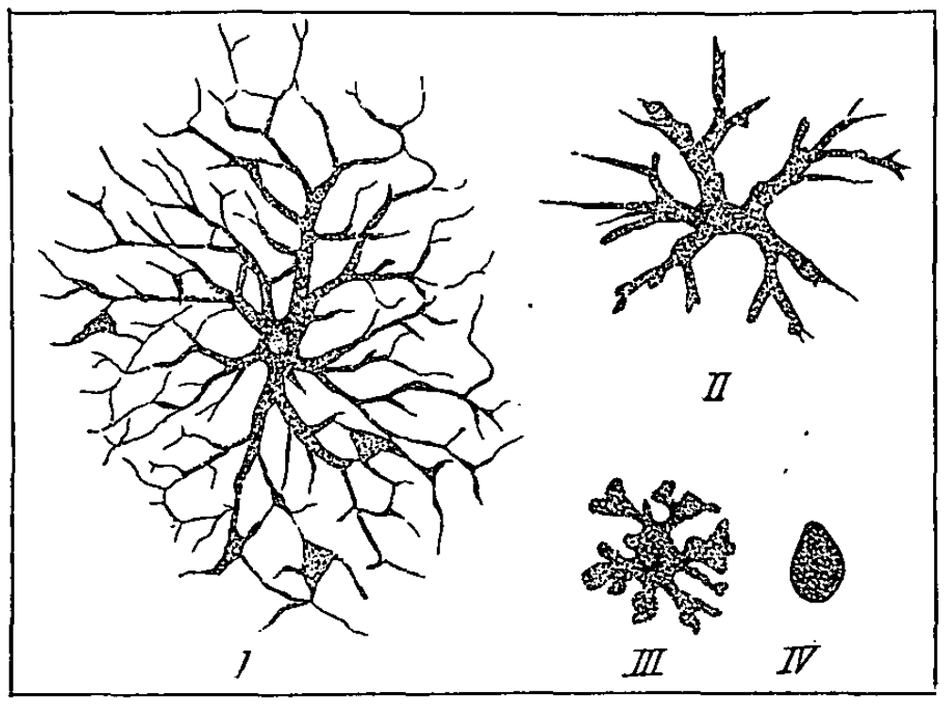


FIG. 2. — CELLULES PIGMENTAIRES DE LA PEAU DE LA GRENOUILLE A DIVERSES PHASES DE CONTRACTION.
D'après M. Verworn.

Les changements de coloration acquièrent chez certains animaux une grande importance tant par leur rapidité que par leur étendue : le Caméléon en est un exemple connu. Chez ce dernier (voir fig. 3), les changements de coloration sont produits par un appareil pigmentaire comprenant de volumineux chromoblastes de diverses couleurs placés sous les couches superficielles de la peau, c'est-à-dire sous l'épiderme. Ces chromoblastes sont de trois sortes : les plus superficiels contiennent des granules pigmentaires jaunes (lipochrome), ils rappellent par leur forme ceux que nous avons déjà décrits chez la Grenouille. Comme ces derniers,

ils peuvent s'étaler en surface, émettre des arborisations horizontales ou prendre la forme sphérique. Au-dessous d'eux, dans les couches profondes de la peau, se trouvent des chromoblastes ayant la forme de grosses vésicules, les unes rouges, les autres noires. Les vésicules rouges, comme les vésicules jaunes superficielles sont colorées par un lipochrome; les vésicules noires renferment des granules de mélanines. Quand ces vésicules se dilatent, elles émettent des arborisations verticales qui s'insinuent entre les vésicules jaunes de la première rangée et viennent s'étaler au-dessus d'elles; elles peuvent ainsi les masquer plus ou moins complètement. Quand elles se contractent, elles retirent leurs arborisations et se mettent en boule.

Il est ainsi facile de comprendre le mécanisme de cet appareil. Si les vésicules jaunes de la rangée superficielle sont seules étalées, elles cachent les grosses vésicules contractées; l'animal est jaunâtre. Si les cellules rouges ou noires se dilatent, elles masquent à leur tour les chromoblastes jaunes superficiels, et l'animal paraît, suivant les cas, rougeâtre ou noirâtre. Enfin, quand toutes les vésicules sont contractées, punctiformes, l'animal prend la couleur du derme; il est blanchâtre comme ce dernier. Suivant le degré de contraction ou de dilatation de ces vésicules colorées, le Caméléon peut présenter une gamme chromatique étendue de colorations correspondant aux couleurs fondamentales produites par chaque système de vésicules et à toutes les teintes intermédaires provenant de leurs combinaisons.

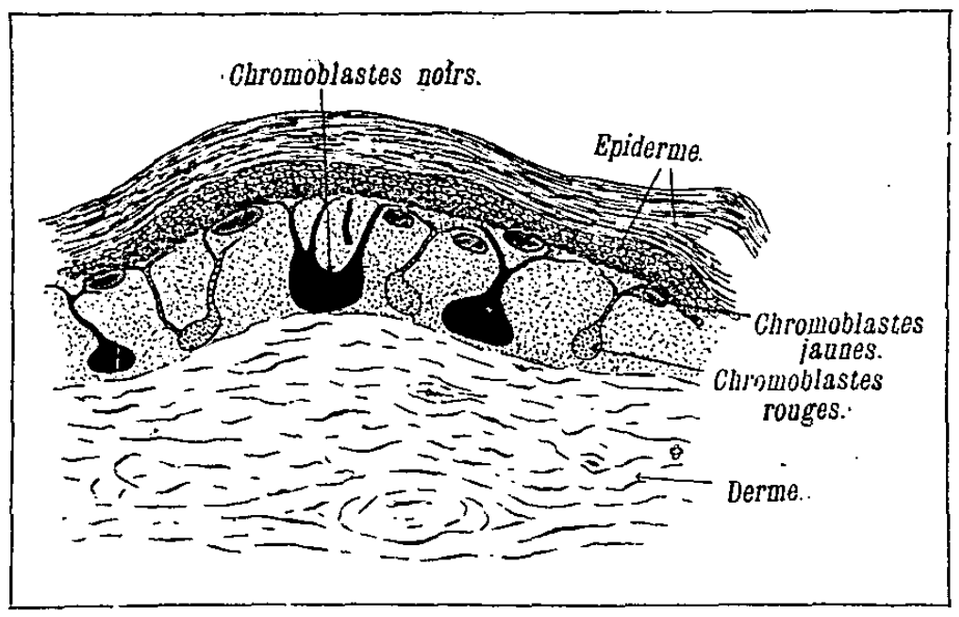


FIG. 3. — PEAU DE CAMÉLÉON.
(Vue en coupe).

Les changements rapides de couleur s'effectuent chez le Caméléon sous l'influence de la volonté. Ils sont souvent la manifestation de sensations diverses, telles que la faim, la soif, la colère, etc. Il suffit par exemple d'irriter un Caméléon pour le voir instantanément changer de couleur. On peut, dans une certaine mesure, comparer ces changements de coloration à ceux que l'on observe sur le visage de l'homme. On sait que les émotions se traduisent sur la face par des modifications de coloration dues à des changements qui se produisent dans le calibre des vaisseaux qui l'irriguent. L'apport plus ou moins considérable de sang se répercute sur la coloration. Dans les deux cas les changements sont sous la dépendance du système nerveux. Dans l'un c'est la contraction de l'élément pigmentaire qui est mise en jeu, dans l'autre c'est celle de la tunique contractile des vaisseaux cutanés. Ces phénomènes sont de même ordre.

L'appareil pigmentaire offre une grande complexité chez les Céphalopodes. On sait que les Poulpes, les Seiches peuvent présenter des changements rapides et étendus de coloration. Chez ces animaux, la cellule pigmentaire s'entoure d'éléments accessoires (cellules, fibres) qui assurent de concert avec cette dernière la fonction chromatique. L'ensemble constitue un véritable organe. Mais le mécanisme se ramène toujours à des mouvements de contraction et de dilatation des cellules pigmentaires. Ces dernières contenant des pigments diversement colorés, on conçoit que ces animaux puissent réaliser des jeux chromatiques variés.

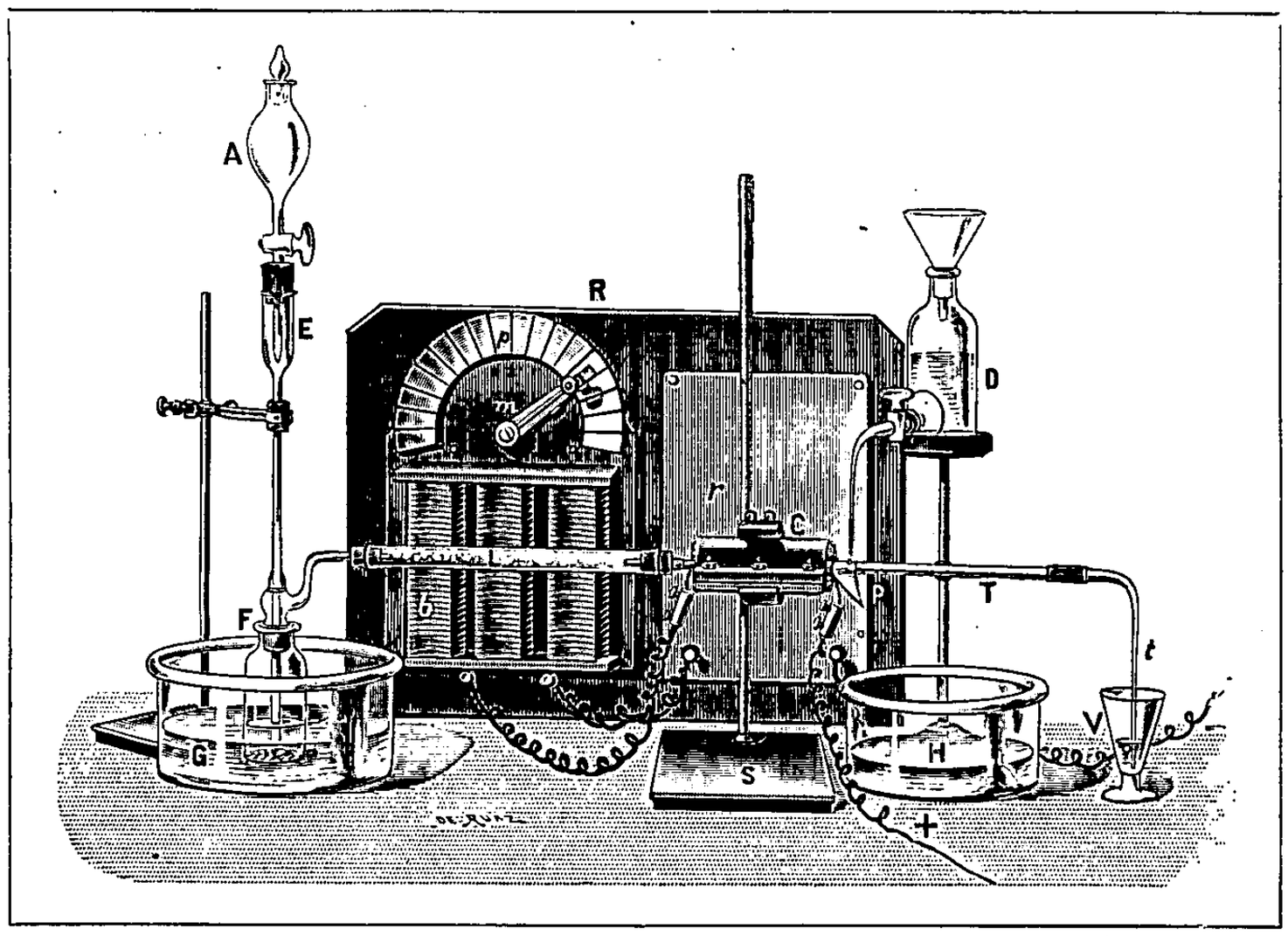
En résumé, les changements de couleurs sont dus aux modifications qui se produisent dans les cellules pigmentaires de la peau, de formes et de colorations diverses, et douées d'une activité propre en vertu de laquelle elles modifient la répartition des granules colorés qu'elles renferment. Ces cellules pigmentaires sont plus ou moins différenciées, plus ou moins adaptées à la fonction qu'elles ont à accomplir. Ces changements s'effectuent par l'intermédiaire du système nerveux; le point de départ réside souvent dans les impressions visuelles et le résultat est l'harmonisation de la couleur de l'être à celle du milieu. Mais chez les animaux dont la fonction chromatique est très développée (chez le Caméléon par exemple) ils sont sous la dépendance directe de la volonté et sont susceptibles de traduire les sensations les plus diverses.

Dr MANDOUL,
Préparateur à la Faculté des Sciences
(Université de Toulouse).

CHIMIE BIOLOGIQUE

EXISTENCE NORMALE DE L'ARSENIC CHEZ LES ANIMAUX.

L'arsenic, ce mot seul éveille l'idée d'un poison violent et un tel élément pourrait faire partie intégrante des tissus animaux? L'idée, à vrai dire, n'est pas absolument nouvelle, mais en science, l'affirmation n'est rien, la preuve expérimentale seule compte; les chimistes se mirent à l'œuvre, et au moyen de la méthode de Marsh[1], considérée comme très sensible, on chercha à isoler des traces d'arsenic des différents organes des animaux. Les résultats de toutes les expériences furent constamment négatifs, et jusqu'en 1899, il était de notion classique que l'organisme des animaux sains était totalement dépourvu d'arsenic; et comme corollaire, on admettait que des traces d'arsenic isolées d'un organe donnaient la preuve irrétutable que l'homme ou l'animal possesseur de cet organe avait reçu de l'arsenic dans un but thérapeutique ou criminel.



APPAREIL DE MARSH, PERFECTIONNÉ PAR M. GAB. BERTRAND.

En 1899, M. Armand Gautier, professeur de chimie à la Faculté de Médecine de Paris, guidé par des idées théoriques ingénieuses, pensa que la glande thyroïde devait contenir de l'arsenic. M. Gautier commença par perfectionner la méthode de Marsh, et il eut bientôt la joie de pouvoir vérifier d'une façon complète ses idées préconçues : l'arsenic existait bien dans l'organisme des animaux sains, et la glande thyroïde paraissait jouer le rôle d'organe de réserve, d'entrepôt, pour cet élément.

Les choses en étaient là lorsque parurent successivement en Allemagne trois mémoires de MM. Hödlmoser, Ziemke et Cerny qui révoquaient en doute les affirmations de M. Gautier. Ces trois chimistes employant la même méthode que M. Gautier ne parvenaient pas à déceler la moindre trace d'arsenic dans les organes étudiés. Quelle était la cause de cette absolue divergence de résultats? Impureté des réactifs employés par M. Gautier, constitution géolo-

1. Le principe de cette méthode réside dans la transformation des composés arsenicaux en hydrogène arsénié; cet hydrogène arsénié, préparé dans le flacon F, passe d'abord dans un tube L où il se purifie, puis dans un tube C, chauffé à l'électricité, où il est décomposé par la chaleur; l'arsenic se dépose sous forme d'un anneau brillant dans une portion refroidie du tube T.

gique du sol sur lequel vivaient les animaux d'expérience, richesse de ce sol en composés arsenicaux, ainsi que Holdmoser en émettait l'opinion? C'est ce qu'il paraissait bien difficile de décider. Quoi qu'il en soit, la question, qui avait semblé un moment résolue, se posait de nouveau et de nouvelles recherches devenaient indispensables.

Elles furent entreprises par M. Gab. Bertrand, chef de service à l'Institut Pasteur, bien connu pour l'extrême rigueur de ses recherches.

M. Bertrand commença par transformer la méthode de Marsh déjà modifiée par M. Gautier, et par l'amener à un degré de perfection tel qu'il lui est maintenant possible de déceler avec certitude un demi-millième de milligramme d'arsenic (voir fig.). On aura une idée de l'extraordinaire sensibilité de la méthode en songeant qu'en prenant un petit fragment d'un composé arsenical soluble, fragment contenant un gramme d'arsenic, et le faisant dissoudre dans 120 000 litres d'eau, un chimiste en possession de la méthode de M. Bertrand et prélevant sur ces 120 000 litres un petit flacon de 60 centimètres cubes, parviendrait en quelques heures à mettre en évidence d'une manière irréfutable, la présence de l'arsenic dans ce liquide.

Mais arrivée à ce degré de perfection, la méthode allait devenir inapplicable si on ne parvenait en même temps à avoir des réactifs dépourvus d'arsenic.

L'arsenic en effet, dans les organes, est engagé dans des combinaisons complexes, qui le dissimulent à l'analyse chimique; il faut commencer par détruire ces combinaisons; pour cela, on traite les organes par un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique. M. Bertrand parvint aussi par des procédés que nous ne décrirons pas à purifier à souhait ces réactifs...

Avec cette excellente méthode, les recherches furent reprises systématiquement, elles prouvèrent avec la dernière évidence que l'arsenic existe en quantité faible à la vérité, mais très appréciable dans la glande thyroïde du veau, du porc; en quantité plus sensible encore dans toutes les productions épidermiques : poils, plumes, cornes, ongles.

Ainsi, il était bien prouvé que si les chimistes allemands n'avaient pas décelé d'arsenic dans les différents organes, c'est qu'ils n'avaient pas su l'y trouver, n'ayant à leur disposition qu'une technique imparfaite.

Cependant une objection pouvait être faite aux expériences précédentes. Cet arsenic, dira-t-on, vous l'isolez d'organes d'animaux domestiques; qui nous dit qu'ils ne l'ont point absorbé à une époque, déjà lointaine peut-être, soit dans un but thérapeutique, soit même accidentellement?

M. Bertrand prévoit l'objection; il la réfute par avance en analysant les organes d'un veau né à l'École vétérinaire d'Alfort, et qui n'a jamais été soumis à aucun traitement arsenical. Il analyse la glande thyroïde d'un phoque tué par le prince de Monaco dans le nord du Spitzberg; il n'y a plus de contamination possible à invoquer ici, et partout il démontre la présence de l'arsenic.

M. Bertrand fait mieux encore; le prince de Monaco, qui s'intéresse à ses expériences, l'invite à l'accompagner à bord de son yacht si bien aménagé pour les recherches scientifiques; il parcourt la Méditerrannée et l'Océan, il analyse les organes des cétacés qu'on parvient à capturer, les animaux que le chalut ramène des abîmes de la mer, de 3 000 et 4 000 mètres de profondeur; il gravit les pentes du mont Pico pour aller chercher les dépouilles d'un mouton à 2 000 mètres de hauteur, et chez tous ces animaux pour lesquels aucune contamination ne peut être invoquée, il trouve de l'arsenic, non seulement dans la glande thyroïde, mais dans tous les organes. Il est prouvé que l'arsenic fait partie de l'édifice moléculaire de la plupart des cellules animales.

Ce fait solidement établi entraîne après lui des conséquences importantes. Sans qu'il soit besoin d'insister, on comprend d'abord tout l'intérêt de ces recherches au point de vue médico-légal; leur importance n'est pas moindre au point de vue thérapeutique; l'arsenic faisant partie intégrante de nos tissus, on s'explique le succès de la médication arsenicale dans certaines affections. Depuis longtemps les maquignons connaissent les excellents effets des composés arsenicaux sur le brillant du poil des chevaux, et, rapprochement singulièrement suggestif, ces poils sont précisément les productions les plus riches en arsenic. Certains corps, fort en honneur dans l'ancienne thérapeutique et que nous méprisons actuellement, l'éponge, la corne de cerf, devaient probablement leur efficacité à la présence de l'arsenic. Ne pouvant comprendre le mécanisme de leur action, il a paru plus simple aux savants modernes de leur refuser toute vertu.

Dr P. PORTIER.

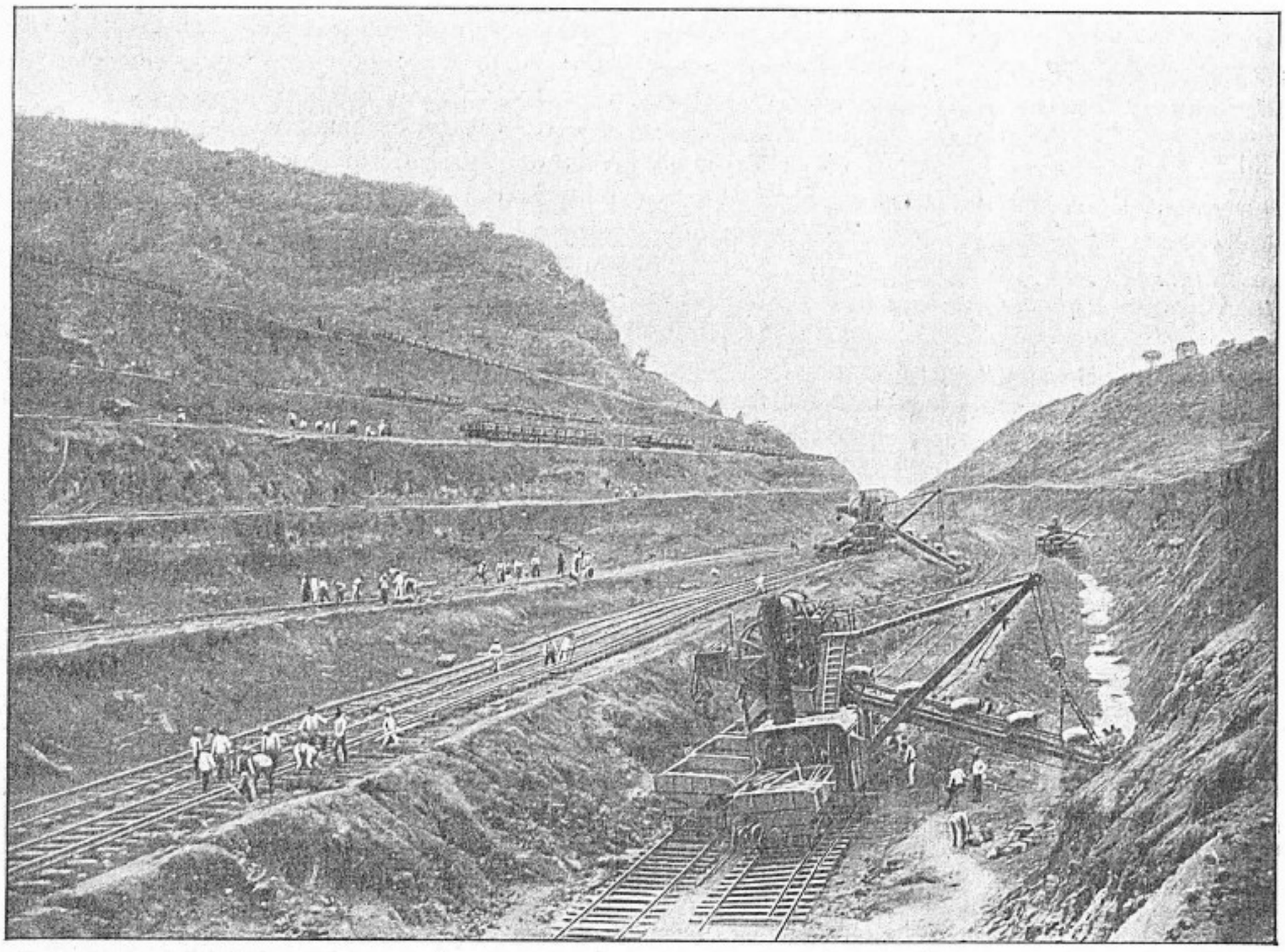


FIG. 1. — VUE DE LA TRANCHÉE DE CULEBRA.

TRAVAUX PUBLICS

PANAMA ET NICARAGUA. — COMMENT PANAMA A VAINCU NICARAGUA EN AMÉRIQUE.

La victoire de Panama.

Le 19 juin 1902, le Sénat américain modifiant la loi déjà votée par la Chambre des représentants en janvier de la même année et qui comportait l'exécution du Canal isthmique par la voie de Nicaragua, décida, sur la proposition du sénateur Spooner et par un amendement à ladite loi, que le Président de la République construirait le canal par l'isthme de Panama sous la double condition suspensive : 1° qu'il pourrait obtenir de la Compagnie de Panama un titre de propriété indiscutable pour l'achat à cette compagnie, moyennant 40 millions de dollars, de tout son actif dans l'isthme et de ses actions du Panama Railroad; 2° qu'il pourrait négocier un traité satisfaisant avec la Colombie.

La loi stipulait en outre que, faute de pouvoir remplir ces deux conditions, le Président construirait le canal par l'isthme de Nicaragua.

Le 25 octobre 1902, le Procureur général des États-Unis (ministre de la Justice), déposait entre les mains du Président de la République un rapport établissant que la Compagnie nouvelle de Panama avait, en vertu des lois françaises, toute faculté de vendre aux États-Unis ce qu'elle leur avait offert et qu'elle pouvait donner un titre indiscutable de propriété.

Il ne restait plus que le traité avec la Colombie. Après des négociations sans fin, le gouvernement de Bogota rappela son ministre, M. Concha, le 1er décembre et le nouveau représentant de la Colombie, M. Herran, trouva un terrain d'accord pour les questions de principes,

juridiction, durée de la concession, etc. Mais vers la fin de décembre tout parut sur le point de se rompre sur la question d'argent.

J'envoyai à M. le Président de la République de Colombie le télégramme suivant de Washington, le 19 décembre :

Marroquin, Président de la République.
Bogota.

« La situation améliorée par le changement « du représentant de la Colombie court de nou- « veaux et graves périls sur la question de l'an- « nuité à verser à la Colombie. Bien que le gou- « vernement américain pense être arrivé au « maximum possible par l'offre de 10 millions « de dollars comptant, plus une rente annuelle « de 100 000 dollars, je crois que la décision « ferme définitive du gouvernement colombien « d'accepter 10 millions de dollars comptant, « plus une rente de 250 000 dollars aurait les « plus grandes chances de sauver la situation, « mais à la condition que l'ordre de signer immé- « diatement le traité accompagne l'offre susdite.

« P. BUNAU-VARILLA. »

Le conseil que je donnais ainsi et dans lequel je fixais ce que j'appréciais être le maximum possible auquel arriverait jamais le gouvernement de Washington, et que certainement personne alors à Washington ne songeait à atteindre, a porté à Bogota un fruit salutaire. Avec une sagesse et une modération qui l'honorent grandement, le gouvernement colombien vient de sauver définitivement l'œuvre de Panama d'un nouvel échec en adoptant le chiffre que j'avais fixé, et Washington l'a accepté, comme je l'avais supposé.

Le traité signé sur cette base, le 22 janvier à Washington, entre les gouvernements américain et colombien, réalise la deuxième condition imposée par la loi Spooner et scelle définitivement la victoire du projet de Panama sur le projet de Nicaragua, et cela dans un pays qui depuis longtemps considérait ce dernier comme la grande pensée nationale.

La popularité de Nicaragua. Ses origines.

On sait que depuis plus de cinquante ans l'opinion publique américaine, aussi bien que celle des explorateurs et des hommes techniques, a choisi l'isthme de Nicaragua comme devant être le siège de l'établissement de la grande voie maritime interocéanique.

Cette aspiration unanimement répandue, et qui, dans ces dernières années, est devenue l'objet d'une agitation presque frénétique, s'est trouvée brusquement déçue par le vote du Sénat qui, le 19 juin dernier, a choisi la voie de Panama de préférence à celle de Nicaragua, malgré la volonté nettement et impérieusement manifestée de l'opinion publique et cela à la faible majorité de 8 voix sur un nombre total de sénateurs égal à 88.

Il n'est pas sans intérêt d'étudier les causes de ce revirement si subit, par quelle méthode je l'ai préparé, à la suite de quels événements il s'est réalisé.

La popularité de la solution du Nicaragua a eu pour origine l'apparente et séduisante facilité de construire une voie maritime en utilisant la rivière du San Juan et la mer intérieure, le lac de Nicaragua, pour aller de l'Atlantique jusqu'à l'isthme proprement dit qui sépare le lac et le Pacifique, puis en franchissant par un canal cet isthme, qui n'a que 28 kilomètres d'épaisseur et dont le relief au-dessus des eaux du lac ne dépasse pas 13 mètres.

A cette apparente simplicité de la construction d'une voie paraissant déjà presque complètement faite par la nature, s'ajoutait la plus grande proximité géométrique de l'Amérique du Nord.

Ces deux considérations en apparence très fortes avaient déjà, il y a plus d'un demi-siècle, déterminé les préférences américaines.

On peut en avoir la preuve en relisant le traité Clayton Bulwer, conclu en 1850 entre l'Amérique et l'Angleterre, pour déterminer le statut international de la voie maritime à établir entre les deux océans.

Il n'y est question que du canal de Nicaragua, le nom de Panama n'est même pas prononcé.

Un peu plus tard, vers 1852, le commodore Vanderbilt, le fondateur de la célèbre dynastie industrielle et financière, associa son nom à la première tentative de construction du canal de Nicaragua et le colonel américain Childs établit un projet rationnel et mûri et détermina avec raison la voie de Brito comme étant la meilleure entre le lac et le Pacifique.

Mais ce n'est pas seulement il y a un demi-siècle, que le nom d'Américains éminents fut lié à la conception de Nicaragua et commença à ajouter aux notions techniques et géographiques

que je viens de rappeler cette autre notion sentimentale et patriotique que le canal de Nicaragua est essentiellement la solution nationale, la solution découverte par le génie américain, fécondée par les recherches des ingénieurs et des explorateurs américains.

En 1869 le général Grant, dans son premier message au Congrès, recommanda de construire entre les océans un *canal américain*, *sur une terre américaine*, *pour l'usage du peuple américain*. Une série d'explorations systématiques furent alors entreprises, sur les isthmes de Tehuantepec, de Nicaragua, de Panama, de Darien, d'Atrato par le gouvernement américain, et la haute Commission qui, sur l'ordre du Congrès, centralisa les résultats de ces multiples travaux et les dirigea de 1872 à 1876, émit dans son rapport final l'opinion définitive *que la route de Nicaragua était celle présentant de moindres obstacles et de plus grandes facilités que n'importe quelle autre route soit pour la construction, soit pour l'exploitation.*

Ce rapport fut déposé en février 1876, avant qu'aucune concession eût été accordée par la Colombie au sujet de Panama, à une époque où cette route était aussi parfaitement libre que celle de Nicaragua.

Cela n'est pas inutile à rappeler pour répondre à ceux qui disent et ont dit que la popularité de Nicaragua en Amérique n'a jamais été pour ce pays qu'un jeu subtil et perfide pour s'emparer à vil prix des travaux de la Compagnie française.

Il semblerait presque indigne d'une étude sérieuse de mentionner une théorie aussi évidemment grossière et absurde, si je ne savais par expérience combien de mal elle a déjà fait, et dans quels esprits, supposés généralement élevés, elle a trouvé un accueil bienveillant et un asile inviolable.

En 1888 se constitua la Maritime Canal Company, pour la construction du Canal de Nicaragua, et depuis lors les partis républicains et démocrates mirent l'un et l'autre sur le programme de leurs candidats à la présidence, l'exécution du canal de Nicaragua, et cela sans aucune exception, je crois.

On voit par cet historique succinct que l'opinion publique américaine, depuis un demi-siècle, a été constamment poussée vers la solution de Nicaragua, non seulement par les données apparentes techniques et géographiques, mais encore par les travaux de ses grands fondateurs d'entreprises, de ses ingénieurs, de ses officiers, de son gouvernement; c'est donc à bon droit que jusqu'à ces derniers mois, l'unanimité du sentiment public, de la presse, du Congrès considérait cette solution non seulement comme la solution parfaite, mais encore comme la solution nationale, la solution américaine par excellence.

C'est en 1892 que furent établis les premiers éléments de la digue qui devait arrêter ce tout-puissant courant.

Première attaque contre Nicaragua.

C'est à moi qu'échut l'honneur d'écrire le premier document révélant l'impossibilité d'établir à Nicaragua une voie maritime pratique et satisfaisante, comme dix ans plus tard il devait m'échoir celui d'écrire le dernier, celui qui, présenté sous ma signature aux membres du Congrès américain quinze jours avant le vote du Sénat et au début de la discussion par cette haute assemblée, devait orienter définitivement la conscience de tous ceux des sénateurs qui avaient véritablement à cœur l'intérêt de la patrie.

Le 20 mars 1892, j'avais publié *Panama*, *le passé*, *le présent*, *l'avenir*, ouvrage exclusivement consacré à la construction du canal et destiné à faire voir à la France quelle œuvre gigantesque avait été accomplie par elle, combien toutes les difficultés réelles avaient été emportées de haute lutte et quelle lamentable erreur, quelle effrayante folie devait être celle d'abandonner une œuvre pratiquement dégagée de tout aléa et où cinquante-sept millions de mètres cubes avaient été excavés, au milieu des difficultés de la lutte expérimentale, alors qu'il n'en restait à extraire que quarante millions (d'après mon projet) dans des conditions simples, faciles, certaines, pour terminer la glorieuse entreprise.

Quelques semaines après, je reçus de M. John Bigelow, ancien ministre des États-Unis en France pendant la guerre de Sécession, une lettre me demandant de compléter ce livre par la démonstration de l'impossibilité de construire une voie convenable à Nicaragua, démonstration que je lui avais faite verbalement déjà.

M. John Bigelow, qu'entoure aux Etats-Unis la respectueuse admiration due à une grande existence tout entière vouée à la patrie et à l'humanité, m'honore d'une amitié qui jamais

ne se démentit depuis 1886, époque à laquelle il vint dans l'isthme de Panama, comme délégué de la Chambre de commerce de New York, au moment où je venais d'exercer les fonctions de directeur général des travaux du canal.

M. Bigelow me demandâit de lui fournir une arme puissante pour combattre l'universelle passion pour Nicaragua et éviter que le gouvernement américain ne s'engageât dans une voie qu'il jugeait néfaste à sa patrie, persuadé qu'il était de la vérité des arguments que je lui avais fournis, et que m'avait permis de recueillir l'étude que je ne cessais de faire depuis 1884 du problème isthmique.

Je résolus de satisfaire à la demande de mon illustre ami et le 20 septembre 1892 parut l'étude qu'il avait sollicitée.

Je reproduis ci-après le tableau comparatif des deux tracés par lequel je terminais l'étude des tares inguérissables que la nature a infligées au projet de Nicaragua et qui se trouvaient revélées pour la première fois. Je puis relire cette argumentation avec fierté, non parce que j'ai été le premier et longtemps le seul à signaler l'impraticabilité d'un canal par Nicaragua, mais parce qu'aucun des arguments mis en avant par moi n'a pâli devant les investigations officielles ultérieures ; au contraire ils sont devenus plus forts encore. Cela établit que la passion de la lutte ne m'a jamais fait un instant oublier le respect absolu dû à la vérité scientifique.

Tableau comparatif de la valeur des deux tracés publié en 1892.

		CANAL DE PANAMA	CANAL DE NICARAGUA
Construction.	DÉBOUQUEMENTS DANS LES OCÉANS	Ports naturels et sûrs dans l'Atlantique et le Pacifique.	Port de Greytown envahi par les sables, d'une création et d'un entretien difficiles et dispendieux.
	GRANDES TRANCHÉES	Tranchée de Culebra, 54 mètres de profondeur sur l'axe.	Tranchée entre les vallées de San Francisco et du Deseado, 75 mètres de profondeur sur l'axe.
	AMÉNAGEMENT DES EAUX FLUVIALES	Une seule question à régler, celle du Chagres, comportant un barrage de 11 mètres de retenue.	Quatre questions à résoudre : Aménagement du Rio Grande exigeant un barrage de 26 mètres de retenue. Aménagement du San Juan dont le bassin est quinze fois plus étendu que celui du Chagres. Aménagement du San Franscisco et du Deseado exigeant des retenues ayant chacune plus de 20 mètres de hauteur. Série de travaux particulièrement délicats et dangereux en cas de malfaçons invisibles.
Entretien		Pas d'apports dans le Chagres, séparation absolue des débouchés en mer du fleuve et du canal.	Apports nombreux dans le Rio Grande. Apports nombreux par le Rio Frio dans le voisinage du point où le San Juan s'échappe du lac. Obligation de maintenir un chenal artificiellement creusé sur 62 kilomètres dans le lit d'une rivière puissante recevant de nombreux affluents torrentiels. Obligation de maintenir les profondeurs dans un port tendant à se combler par les apports du delta du San Juan.
Exploitation.	ALIMENTATION DU BIEF SUPÉRIEUR	Surabondance d'eau dans le cas de Panama.	Surabondance exagérée et par suite inutile dans le cas du Nicaragua.
	HAUTEUR DU BIEF SUPÉRIEUR AU-DESSUS DE LA MER	Au début, 38 mètres au-dessus des océans. — Faculté de réduire progressivement jusqu'à l'effacement total. — Première étape facile à franchir réduisant à 17 m. 50 en moyenne le relief du bief central.	Altitude variant entre 33 et 35 mètres. Obligation de conserver indéfiniment ce niveau et de rester sous forme d'un canal à écluses sans amélioration possible.
	LONGUEUR DU TRANSIT	75 kilomètres presque complètement en tranchée émergeante ou noyée.	275 kilomètres dont 138,600 en tranchées émergeantes ou noyées sur lesquels 62 kilomètres sont ouverts dans le lit d'un fleuve aux courbes raides et aux affluents nombreux et violents et 136,400 en eau profonde.
Permanence des ouvrages.		Stabilité parfaite du terrain par suite de l'éloignement de tout centre volcanique.	Menace permanente résultant de la nature particulièrement volcanique de la région renfermant les plus célèbres volcans du monde : le Momotombo, l'Enfer de Masaya, le Coseguina qui a donné lieu à la plus grande convulsion tellurique avant le Krakatoa dans les îles de la Sonde; volcan d'Ometepe en plein lac de Nicaragua, en éruption en 1883.

Les projets de canal par Nicaragua depuis 1892 ont été remaniés, cela a modifié certains des chiffres que l'on trouvera dans mon premier et dans mon dernier travail, mais ces modifications n'ont pas diminué la valeur des objections formulées.

Muni du document dont le tableau précédent est le résumé succinct, mon éminent ami M. John Bigelow entreprit de jeter une lumière nécessaire sur le danger auquel était exposée la nation en adoptant le tracé de Nicaragua.

La grande autorité de sa parole dans les sphères intellectuelles élevées de la société américaine permit sinon d'arrêter, tout au moins d'enrayer le mouvement, et bien certainement le temps d'arrêt marqué dans la marche en avant du projet de Nicaragua, de 1892 à 1900 est exclusivement dû aux généreux efforts faits par M. John Bigelow pour propager les théories que j'avais émises.

La formation de la Commission des Canaux isthmiques.

La guerre contre l'Espagne donna une impulsion nouvelle à la question de Nicaragua en montrant combien les intérêts de la défense américaine exigeaient impérieusement une communication entre les deux côtés du continent.

Lors de la session de 1898-99 l'adoption définitive du canal de Nicaragua fut à deux doigts de se réaliser. Le Sénat adopta la loi en faveur de Nicaragua et la Chambre des représentants fut considérée comme devant certainement émettre un vote identique.

M. John Bigelow multiplia ses efforts, auxquels vinrent se joindre ceux d'autres et très influents amis auxquels je recommandai, dès le 10 janvier 1899, de représenter aux chefs des groupes de la Chambre des représentants, combien il serait fou d'engager définitivement la nation dans une voie déterminée, sans avoir procédé à une enquête décisive, sans avoir soumis la question à un tribunal indépendant et expert.

La création de la Commission des Canaux isthmiques résulta de cette suggestion et de ces efforts indépendants et simultanés, et la loi qui ordonna en fin de session, en mars, sa constitution fut une surprise unanime pour le pays qui attendait avec impatience le vote de la loi de Nicaragua.

Cette commission de neuf membres était composée des trois membres d'une commission antérieure dite du Nicaragua et qui achevaient en ce moment un rapport favorable à ce tracé, auxquels on adjoignit six autres choisis comme les trois premiers parmi des ingénieurs, des officiers du génie, des économistes et des hommes de loi de premier rang.

Aucun des neuf ne doutait, en prenant ses fonctions, que le tracé de Panama ne dût être exclu après un examen précis de quelques mois.

L'opinion de ces hommes éminents était celle de toutes les classes de la nation, les plus hautes et les plus basses, mais c'étaient des hommes de science et d'honneur et la vérité n'avait rien à craindre de leur opinion préconçue.

Ils étaient tous sous l'impression (impression que l'incroyable silence de la Compagnie nouvelle de Panama en face de la calomnie avait encouragée et maintenue) que le canal de Panama était impossible à cause de l'énorme tranchée fluante de la Culebra et du terrible torrent du Chagres.

Lorsqu'une sous-commission vint à Paris au cours de l'année 1899 pour étudier les documents de la Compagnie de Panama plusieurs de ses membres désirèrent me consulter personnellement. Je produisis à ceux de ces messieurs, avec lesquels je fus successivement mis en rapport, MM. George Morison, professeur Burr, général Ernst, mon livre de 1892, *Panama, le passé, le présent, l'avenir*, où j'établis comment j'ai pu de 1887 à 1889, dans les deux dernières années de la vie de l'ancienne Compagnie, résoudre ce redoutable problème de Culebra resté insoluble jusqu'en 1886; enlever complètement la partie fluante et instable de la tranchée et asseoir les excavations dans le massif intérieur, sain, solide et stable, où elles ne présentent pas le moindre aléa, la moindre difficulté et où la Compagnie nouvelle a pu sans effort, mais avec une lenteur injustifiée et regrettable, exécuter des travaux considérables en poursuivant les installations que j'avais établies (voir fig. 1, tranchée de Culebra).

Quant au problème du Chagres, ce même livre fournissait la solution que j'avais proposée en 1892 et qui consistait : 1° dans la réception du Chagres au km. 45 dans une section de canal convenablement surélargie et surapprofondie pour annuler les effets nocifs des courants de crue sur la navigation; 2° dans la formation d'un lac régulateur unique à Bohio (kil. 24 environ); 3° dans l'écoulement des eaux de ce lac par un déversoir unique très large situé par

rapport à l'axe du canal du côté opposé à la source du Chagres ; 4° dans l'écoulement jusqu'à la mer de la totalité des eaux du Chagres, par un lit unique faisant suite au déversoir, et composé en majeure partie par le lit lui-même de la rivière (voir, fig. 2, la solution du Chagres présentée en 1892).

Les idées qui avaient inspiré cette solution parurent vraisemblablement à la Commission américaine les plus rationnelles parmi les diverses formules mises en avant, car dans son projet relatif au canal de Panama elle adopta intégralement les principes caractéristiques de ma solution du Chagres. Elle se contenta simplement de relever de 6 mètres le niveau normal du lac, chose absolument justifiée par les connaissances acquises depuis 1892 sur les fondations du barrage et qui me manquaient lorsque j'établis ce projet.

Les vérifications faites dans les documents de la Compagnie à Paris et sur place dans l'isthme, permirent à la Commission isthmique de vérifier la rigoureuse exactitude de tout ce que j'avais exposé dans mon livre, et donnèrent toute l'autorité requise à la démonstration qu'il fournit de la facilité extrême de finir Panama sans aléas et sans difficultés.

Après le départ de la sous-commission de Paris, je demeurai certain que la semence de vérité était enfin jetée sur un terrain fertile et que la Compagnie nouvelle, qui, depuis son origine, avait manifestement adopté pour politique de ne pas chercher à terminer l'œuvre avec les ressources nationales, qui avait reculé devant la tâche de montrer la vérité à la France, en luttant contre le mensonge et la calomnie, allait facilement atteindre son but et vendre à l'Amérique ses propriétés au meilleur prix possible.

Je tentai alors une reconstitution qui eût conservé la nationalité française à l'œuvre de Panama. Il sortirait du cadre de cet article d'en raconter les détails et de dire pour quelles raisons elle échoua.

A la fin de l'année 1900, la Commission isthmique déposa un rapport préliminaire, il concluait, contre toute attente, pour Nicaragua. La croyance universelle fut que Panama avait vécu.

Je ne me résolus point à croire pareille chose et, en effet, lorsque le texte du rapport arriva à Paris il expliqua que l'attitude hésitante, indécise, ambiguë, suspecte de la Compagnie, avait obligé la Commission à considérer Panama comme n'étant pas parmi les routes que la loi désignait comme pouvant être choisies, *routes pouvant être mises sous le contrôle, la propriété et l'administration des États-Unis.*

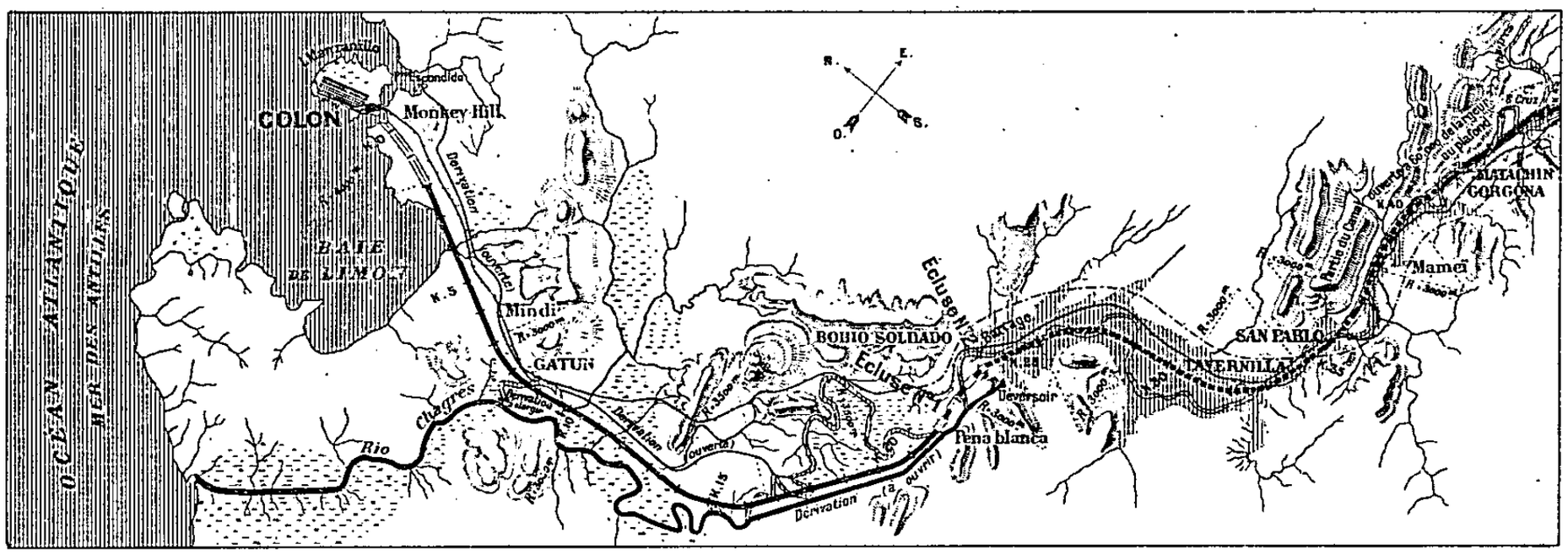


FIG. 2. — LA SOLUTION DU CHAGRES PUBLIÉE EN 1892

Ma Campagne de Conférences aux États-Unis.

Profitant de ce que des amis américains m'offrirent alors un terrain d'actions propice, je partis pour les États-Unis, dans les premiers jours de janvier 1901, pour faire une série de conférences sur ce sujet devenu brûlant et chercher à éveiller la conscience de l'aristocratie intellectuelle de l'Union sur cette question, devant laquelle la Compagnie de Panama restait muette et inerte, laissant tout le champ de bataille intégralement occupé par les partisans du Nicaragua.

Je parlai ainsi devant l'élite intellectuelle de Cincinnati, de Cleveland, de Chicago, de Boston, de Philadelphie, de New York et partout je laissais profondément ébranlé, presque convaincu, un auditoire venu sceptique et railleur.

Mon désir était d'atteindre un des hommes politiques de premier rang, de lui faire saisir toute la gravité de l'erreur qui pouvait être commise, si l'on choisissait Nicaragua, et toute la responsabilité qu'encourraient devant l'histoire ceux qui étaient chargés de veiller aux destinées de la République.

Je fus assez heureux pour rencontrer sous les meilleurs auspices l'homme dont l'autorité, le caractère, le courage faisaient peut-être le seul homme, dans le monde politique américain, capable d'entreprendre la tâche ingrate de combattre face à face l'opinion de tout son pays et de l'obliger à reculer : c'était le sénateur Mark Hanna.

Je ne fis pas en vain appel à sa lumineuse intelligence, à son large patriotisme et la cause de Panama devint, grâce à ces conférences, celle du sénateur Hanna.

FIG. 3. — LE SÉNATEUR MARK HANNA.

Après avoir ainsi créé un mouvement d'opinion dans les régions supérieures de la nation américaine, je publiai à quinze mille exemplaires le texte de mes conférences, j'en allai remettre un au Président de la République M. Mac Kinley et je distribuai les autres parmi les notabilités du commerce, de la finance et de l'industrie.

Ayant accompli mon devoir dans la ligne que je suivais depuis si longtemps, et cela sans être intervenu dans les négociations de la Compagnie de Panama auxquelles j'étais et voulais demeurer étranger, je rentrai en France.

Suprême tentative en 1901 pour garder l'œuvre de Panama à la France.

Je résolus alors la suprême tentative de sauvetage de l'œuvre par la France et pour la France.

Je publiai à mes frais, en deux adresses au peuple, cette vérité que personne depuis la chute de la Compagnie, depuis 1888, n'avait dite, et cela dans tous les grands journaux de la France, le 25 avril et le 10 mai 1901. J'y offrais, dans le capital de 500 millions à former, une souscription de 2 millions.

Cette suprême tentative fut sans résultat. La nation trompée était décidée à abandonner son œuvre, et il n'y avait plus pour sauver la conception du génie français, décidément proscrit par la France, que le triomphe final sur Nicaragua en Amérique.

Pendant la dernière moitié de 1901, il fut, on peut le dire, entièrement à la discrétion de la Compagnie de recueillir les fruits du travail que j'avais préparé, en faisant une offre de vente de 300 millions à la Commission, chiffre indirectement indiqué déjà dans le rapport préliminaire de fin 1900.

En faisant cette offre, en prenant une attitude précise et définie, la Compagnie forçait pour ainsi dire la Commission à un rapport définitif et favorable qui réglait sans appel la question et s'imposait au Congrès et au pays.

Au lieu de cela, la Compagnie de Panama continua son attitude ambiguë et l'heure de la réunion du Congrès et du dépôt du rapport de

la Commission arriva sans que réponse ait été faite à la question posée depuis deux ans à la Compagnie et mainte fois répétée : « Voulez-vous vendre. et combien voulez-vous vendre? »

Cette attitude était d'autant plus insolite, que vis-à-vis de ses actionnaires et notamment dans une circulaire du 10 novembre 1901, la Compagnie annonçait formellement son désir de vendre aux États-Unis la concession, d'accord avec la Colombie.

La Compagnie du canal, après avoir négligé de faire le moindre effort en France pour montrer la vérité au peuple, après avoir mis le cap sur une vente à l'Amérique, solution de misère et de déchéance, continuait en Amérique son étrange politique et semblait faire tout pour décourager le très petit groupe d'hommes que j'avais amenés à voir la vérité et qui étaient décidés à faire front au sentiment unanime du peuple.

Le résultat, facile à prévoir, fut de rejeter vers Nicaragua ceux en qui était l'unique espérance de Panama.

❧

Le rapport définitif de la Commissionrecommande Nicaragua.

Le rapport définitif de la Commission, publié au début de décembre 1901, concluait pour Nicaragua comme le rapport préliminaire déposé un an avant.

L'échec semblait définitif.

J'étais alors en Amérique. J'allai voir le sénateur Hanna, je lui demandai une longue entrevue, dans laquelle je mis, de nouveau, en relief à ses yeux toute l'énorme supériorité de Panama et je le laissai disposé à entamer malgré tout la lutte, si une proposition convenable était faite par la Compagnie de Panama.

Je me hâtai vers Paris, résolu à conseiller une action immédiate, instantanée et ne pouvant plus soulever l'ombre d'une suspicion sur la continuation d'une politique qui avait exaspéré les meilleurs amis de Panama.

❧

Je réclame une décision de salut public.

J'écrivis au nouveau président de la Compagnie, le 23 décembre 1901, et, convaincu que si le 7 janvier suivant, date de la réunion du Congrès, une offre satisfaisante n'était pas faite, la loi de Nicaragua risquait de passer comme un éclair à travers Chambre et Sénat, je pris, le 31 décembre, tout le pays à témoin de la situation et des faits en publiant une adresse suprême dans tous les journaux de Paris dans laquelle je recommandai, soit de laisser l'Amérique fixer elle-même son prix, soit de le fixer nous-même à 40 millions de dollars.

Le 4 janvier, la Compagnie faisait une offre de vente moyennant 40 millions de dollars, et grâce à cela j'étais désormais certain que le sénateur Hanna ne laisserait pas passer la loi sans débat.

C'est ce qu'il advint : la loi ordonnant l'exécution du canal par Nicaragua passa d'emblée à la Chambre des représentants deux jours après la réunion du Congrès, malgré l'offre explicite de la Compagnie, mais elle fut arrêtée au Sénat par le sénateur Hanna, qui demanda d'attendre l'avis de la Commission des Canaux isthmiques en présence de la nouvelle proposition de la Compagnie de Panama.

L'anxiété intense où j'étais qu'une nouvelle erreur de la Compagnie, un simple retard de quelques jours ne coutât la vie à l'œuvre de Panama n'était pas une vaine chimère. Le vote de la loi de Nicaragua par la Chambre, le 9 janvier, à l'unanimité moins deux voix, l'infime majorité obtenue le 19 juin suivant, par Panama, au Sénat après une lutte épique, montrent assez combien j'avais raison.

Voilà comment un des organes les plus sincères et les plus autorisés de l'opinion américaine, le *Sun* de New York appréciait cette effrayante situation le 28 décembre 1901, au moment même où je préparais mon adresse à Paris.

« *Si les représentants des actionnaires fran-*
« *çais désirent réellement que le Congrès*
« *prenne en considération une proposition rai-*
« *sonnable de vente à notre gouvernement, et*
« *s'ils ont une offre attrayante, le navire le plus*
« *rapide qui traverse l'Atlantique est presque*
« *trop lent pour leur service en ce moment.*
« *Peut-être la dernière chance de Panama*
« *est-elle déjà épuisée..... La seule manœuvre*
« *qui puisse maintenant faire obtenir une au-*
« *dience à la route de Panama ne doit être rien*
« *moins que napoléonique en conception et en*
« *exécution.* »

❧

La victoire de Nicaragua paraît assurée dès le début de 1902, malgré l'offre de la Compagnie.

L'avis de la Commission, donné le 19 janvier, fut favorable à l'acceptation de l'offre de la Compagnie et au choix du tracé de Panama.

Il ne restait plus qu'à attendre le débat devant le Sénat : la situation était loin d'être brillante.

Pour Panama, il n'y avait qu'un avis tardif de la Commission, dont l'autorité était presque annulée par les deux avis antérieurs favorables à Nicaragua.

Pour Nicaragua, il y avait l'unanimité presque absolue de la presse et de l'opinion publique, les promesses et les engagements antérieurs de tous les hommes politiques depuis douze ans, la vanité nationale froissée de voir un projet étranger venir disputer la place au projet national, au projet américain, au projet que depuis cinquante ans chérissaient le peuple et le gouvernement.

Pour Panama, il n'y avait rien d'apparent; aussi tout le monde croyait-il à sa défaite, mais il y avait deux choses qu'on ne voyait pas : la toute-puissante vérité et un homme éminent par le caractère et par le courage, décidé à la servir envers et contre tous : le sénateur Hanna.

C'est sur ces deux éléments que je basai mon plan de campagne. Je m'ingéniai à chercher une méthode qui pût faire resplendir, éclater souverainement la vérité le jour où la discussion serait ouverte.

Je savais combien sont ardues et confuses les discussions techniques, combien est rebutante la lecture des mémoires. Je cherchai à exprimer la supériorité de Panama sur Nicaragua, de façon que la question fût accessible à tous les sénateurs, sans effort, et qu'ils pussent saisir matériellement la raison pour laquelle le sénateur Hanna s'était décidé à frapper au cœur une grande idée nationale américaine et à se faire l'avocat d'une cause que chacun pensait perdue et condamnée sans retour.

Je prépare l'argument décisif tiré du rapport même de la Commission.

C'est dans ces conditions que je rédigeai les « Caractéristiques comparatives de Panama et de Nicaragua » que l'on trouvera à la suite de cet article et exprimant par « des barres et des ronds » treize sur quinze des points essentiels par lesquels j'estimais que la valeur relative des deux canaux pouvait être jugée.

Je me gardai de montrer à qui que ce fût ce document convaincant, sauf au sénateur Hanna, et j'attendis le jour de la bataille pour démasquer cette batterie, que rien ne pouvait démonter, car presque tous les éléments qui avaient servi à l'établir étaient tirés du volumineux rapport de la Commission des Canaux isthmiques et avaient l'indiscutable autorité de chiffres officiels américains.

Je m'interdis toute propagande personnelle, préférant laisser les partisans de Nicaragua dans la trompeuse certitude de leur triomphe.

Le désastre de la Martinique, le 8 mai 1902, pourtant me fit sortir momentanément de cette attitude. Dès le 10 mai j'envoyais au Président de la République la brochure contenant le texte de mes conférences de 1901, où je m'étendais longuement sur le danger résultant, pour la route de Nicaragua, du caractère volcanique de la région et de la sécurité que l'absence de tout volcan donne à la ligne de Panama.

Le *Sun* ce grand journal de New York toujours dévoué à la justice et à la vérité, même et surtout si l'opinion générale leur est contraire, voulut se faire le puissant écho de mes arguments, dont l'un, grâce à lui, fit le tour des États-Unis et frappa vivement le sentiment général.

J'avais dans ces conférences exprimé qu'un volcan du Nicaragua, le Coseguina, avait eu en 1835 une éruption au cours de laquelle, pendant 44 heures, il cracha toutes les six minutes un volume de cendres et de laves égal au volume à excaver pour faire le canal de Nicaragua, d'après les projets alors officiels.

Ce fut pour le *Sun* le point de départ d'une campagne incisive, brillante, en faveur de Panama, qu'il continua sans désemparer jusqu'au jour du vote, jusqu'au 19 juin.

Ce fut le seul organe de la presse américaine qui, pendant cette période, prit sans restriction le parti de Panama.

Les très rares journaux qui avaient vu la vérité et l'avaient occasionnellement défendue se taisaient, certains de la défaite. Tous les autres menaient contre Panama une campagne ardente, campagne que continuent encore aujourd'hui certains d'entre eux, notamment le *New York Herald*.

La polémique sur les volcans au Sénat, le Timbre témoin.

Lorsque avec le commencement de juin vint le grand débat, les partisans de Nicaragua cherchèrent par tous les moyens à atténuer le coup porté à propos des volcans et à établir que les deux isthmes de Nicaragua et de Panama étaient dans les mêmes conditions à ce point de vue.

Le sénateur Hanna ayant produit au Sénat une carte de l'isthme américain où les volcans étaient représentés par des points rouges, et où Nicaragua apparaissait couvert de ces dangereux signaux, alors que Panama en était absolument libre, le plus important journal de Washington, l'*Evening Star*, représenta le sénateur Hanna peignant des volcans sur un tableau de l'isthme, sous la direction d'un personnage que son habillement et sa tenue désignaient suffisamment comme un Français.

Cette perfide publication m'inspira une réponse qui tourna à la confusion des défenseurs de Nicaragua.

Il existait un timbre de cette république représentant le volcan du Momotombo dominant le lac au bord duquel on avait représenté un quai occupé par un train de chemin de fer. Or on apprit dans le courant de mai, malgré les efforts faits par le gouvernement de Nicaragua pour cacher la nouvelle, que le 24 mars précédent une éruption du volcan, accompagnée de tremblement de terre, avait jeté dans le lac chemin de fer et quai.

Le fait, d'abord audacieusement démenti par la légation de Nicaragua, fut confirmé par l'arrivée de journaux du pays qui donnèrent les détails du désastre.

Je pensai que rien n'était plus fort, pour clore la discussion sur l'existence de dangereux volcans à Nicaragua, que d'invoquer le témoignage du gouvernement nicaraguen lui-même, et de produire son timbre, qui est un document officiel.

Le 16 juin, j'envoyai à chaque sénateur un de ces timbres éloquents par eux-mêmes avec une légende expliquant pour plus de sûreté le tabeau qu'il représentait (voir fig. 4).

TIMBRE-POSTE DE LA RÉPUBLIQUE DE NICARAGUA

Un témoin officiel de l'activité volcanique de l'isthme de Nicaragua.

Par suite d'un tremblement de terre suivant l'éruption du volcan (que l'on peut voir avec son panache de fumée dans l'arrière-plan), le quai et la locomotive (que l'on peut voir dans le premier plan) ont été jetés dans le lac avec une grande quantité de sacs de café, le 24 mars 1902, à une heure cinquante-cinq de l'après-midi (Iris de la Tarde de Granada *et* Democracia de Managua, *deux journaux de Nicaragua. Voyez aussi* New York Sun, *du 12 juin 1902*).

FIG. 4.

C'était une leçon de choses forte et simple et une réponse singulièrement appropriée au dessin de l'*Evening Star*.

Ce n'était pas le sénateur Hanna qui, pour tromper le Sénat, peignait des volcans à la suggestion d'un Français : c'est le gouvernement de Nicaragua lui-même qui en faisait l'emblème de la patrie.

Après quinze jours de débats, le 19 juin, la vérité triomphait et le Sénat, écoutant noblement sa voix plutôt que ses propres préférences antérieures et la violence des préjugés populaires répercutés par la presque unanimité de la Presse américaine, préférait Panama, le projet étranger, la solution décriée, diffamée, à la solution nationale que, depuis cinquante ans, tout ce qui fait autorité dans un peuple recommandait à la nation.

C'était le fruit porté dix ans après par ma première démonstration de l'infériorité de la voie de Nicaragua; c'était le triomphe de la solution du génie français méconnu par la France et frappé par elle d'un aveugle et criminel ostracisme; c'était la victoire, mais c'était une victoire bien douloureuse, puisqu'elle sonnait l'abandon par la patrie du fruit des efforts et des sacrifices de ses fils, dans une lutte héroïque et victorieuse contre la nature rebelle.

Toutefois cette victoire assure le maintien du pavillon moral que la France a planté dans l'isthme américain.

Rien ne pourra ravir maintenant à son génie l'honneur d'avoir choisi le point où pouvait et devait se faire la réunion des Océans, l'honneur d'avoir attaqué de front les difficultés qui ont fait reculer l'humanité pendant des siècles et de les avoir résolues, alors que la victoire de Nicaragua eût transformé en vérité historique la mensongère calomnie que les problèmes de l'isthme sont restés insolubles pour les ingénieurs français.

J'ai eu l'honneur de diriger le victorieux effort contre le plus difficile de ces problèmes, la Culebra. J'ai eu l'honneur de tracer la solution du problème du Chagres, telle que la République américaine la réalisera avec une légère modification. J'ai eu l'honneur d'énoncer le premier pourquoi Nicaragua serait vaincu sur son propre terrain et d'être le dernier à combattre le jour de sa défaite.

Ma tâche est accomplie et si j'ai été impuissant à montrer la vérité à mon pays et à le préserver de la prodigieuse erreur qu'il a commise, j'ai le sentiment de n'avoir épargné aucun effort pour y atteindre et je suis certain de l'avoir bien servi en sauvant ce qu'il était possible de sauver de son patrimoine moral et matériel.

C'est la récompense précieuse de dix-huit années consacrées au service d'une grande conception nationale et à l'accomplissement de la résolution que j'ai prise dès l'École Polytechnique, en écoutant la voix prophétique de Ferdinand de Lesseps, de travailler pour la patrie, pour sa gloire, par la science à la réalisation du Bosphore de Panama.

PHILIPPE BUNAU-VARILLA.

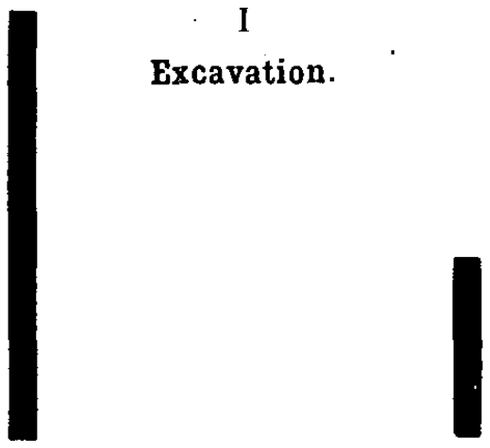
New York, 29 janvier 1903.

Les Caractéristiques comparatives de Panama et de Nicaragua.

(Traduction du document présenté au Congrès américain à Washington le 3 juin 1902, par Philippe Bunau-Varilla, ancien ingénieur en chef de la Compagnie du Canal de Panama.

I

Excavation.

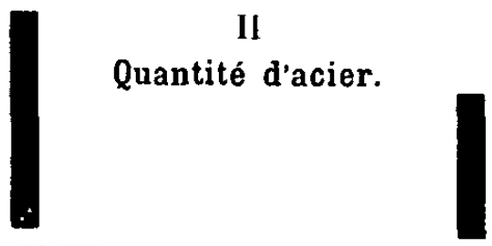


Nicaragua, 174 097,818 mc. Panama, 72 528,423 mc.
Échelle : 0,001 par 5 000 000 mc.

Nota. — La quantité de mètres cubes à excaver mesure *approximativement* la quantité de main-d'œuvre nécessitée sur les deux routes. Le graphique précédent indique combien plus grande est la main-d'œuvre sur la route de Nicaragua.

II

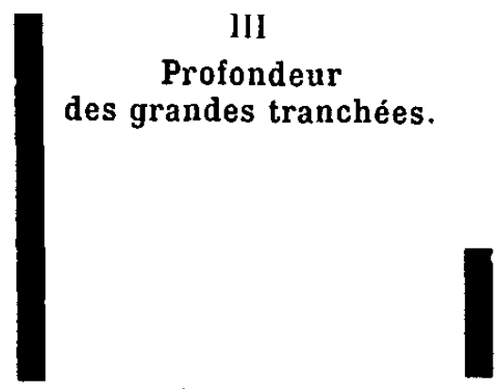
Quantité d'acier.



Nicaragua, 36 693 tonnes. Panama, 29 557 tonnes.
Échelle : 0,001 par 2 000 tonnes.

III

Profondeur des grandes tranchées.

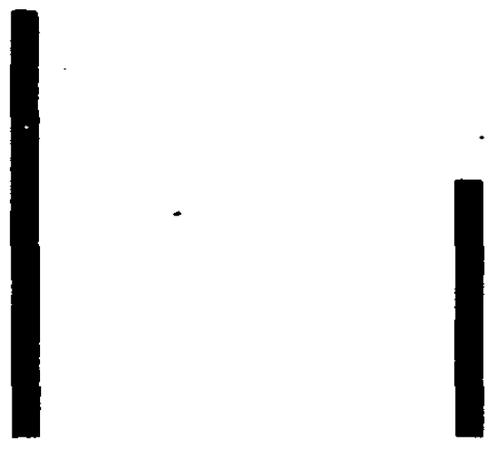


Nicaragua, 90 m. 52 (Tamborcito). Panama, 31 m. 39 (Culebra).
Échelle : 0,001 pour 3 mètres.

Nota. — Les risques d'ouverture d'une tranchée profonde à travers un terrain imparfaitement déterminé par des sondages, sont évidents; plus profonde est la tranchée, plus grand est le risque.

IV

Frais annuels d'entretien et d'exploitation.

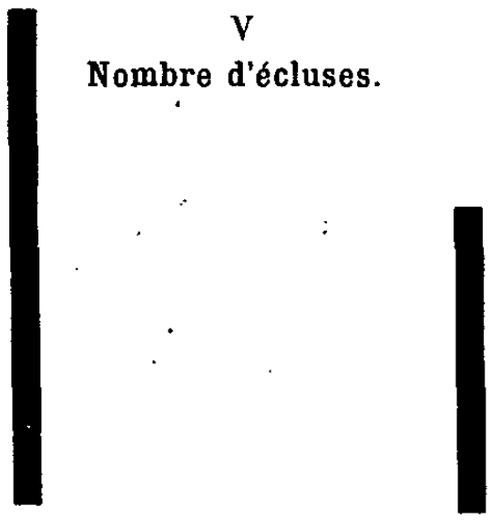


Nicaragua, 16 995 000 fr. Panama, 10 300 000 fr.
Échelle : 0,001 pour 500 000 francs.

Nota. — L'économie dans la dépense annuelle d'entretien est de 6 695 000 fr. en faveur de Panama. Comme 2 p. 100 est l'intérêt usuel sur les emprunts de l'État américain, cette économie annuelle représente un capital de 334 750 000 fr. D'autre part le coût de la construction est d'environ 26 millions de moins pour Panama que pour Nicaragua (en comprenant les quarante millions de dollars à verser à la compagnie française), cela porte à 360 750 000 fr. environ l'économie à résulter du choix de la route de Panama, si la valeur capitalisée des frais d'entretien et d'exploitation est prise en compte.

V

Nombre d'écluses.



Nicaragua, 8 écluses. Panama, 2 écluses doubles, 1 écluse simple.
Échelle : 0,005 par écluse.

NOTA. — Ce graphique ne rend pas entièrement justice à Panama, car la difficulté que présente le passage à travers deux écluses indépendantes est plus grande que celle résultant de la traversée d'une écluse double ou, en d'autres termes, de deux écluses consécutives et se suivant immédiatement.

VI

Longueur de voie canalisée après déduction des longueurs de libre navigation en eau profonde.

Nicaragua, 228 284 m.

Panama, 67 722 m.

Échelle : 0,004 par 10 kilomètres.

NOTA. — La longueur totale du canal de Nicaragua est de 295 km. 508 et la longueur totale du canal de Panama est de 78 km. 985. Il n'est que juste de déduire de ces longueurs la partie de ces routes où les navires flotteront librement en eaux profondes, comme s'ils étaient en mer. Ils peuvent naviguer dans ces conditions sur 67 km. 224 dans le lac de Nicaragua et sur 11 km. 263 dans le lac de Bohio (Panama), laissant 228 km. 284 de navigation en canal sur la route de Nicaragua contre 67 km. 722 sur la route de Panama.

VII

Longueur de navigation en canal dans les parties sans profondeur des lacs de Nicaragua et de Bohio (Panama).

Nicaragua, 46 km. 226.

Panama, 9 km. 139.

Échelle : 0,001 par kilomètre.

NOTA. — Il est connu, d'après le rapport de la Commission isthmique, que sur les 113 km. 450 de ligne de navigation à travers le lac de Nicaragua 46 km. 226 nécessitent l'excavation d'un chenal au-dessous du fond naturel du lac; le chiffre correspondant est de 9 km. 139 pour le lac de Bohio (Panama). La navigation sur ces 46 km. 226 sera très dangereuse, les navires ayant à se maintenir dans un chenal étroit, alors qu'ils flottent dans une véritable mer, exposés à ses terribles ouragans, à ses vagues violentes et à ses courants de travers.

Ils seront parfaitement abrités dans les 9 km. 139 du lac de Bohio (Panama), à raison de l'étroitesse de la vallée où le lac est formé.

VIII

Longueur de navigation le long des courbes.

Nicaragua, 79 km. 307.

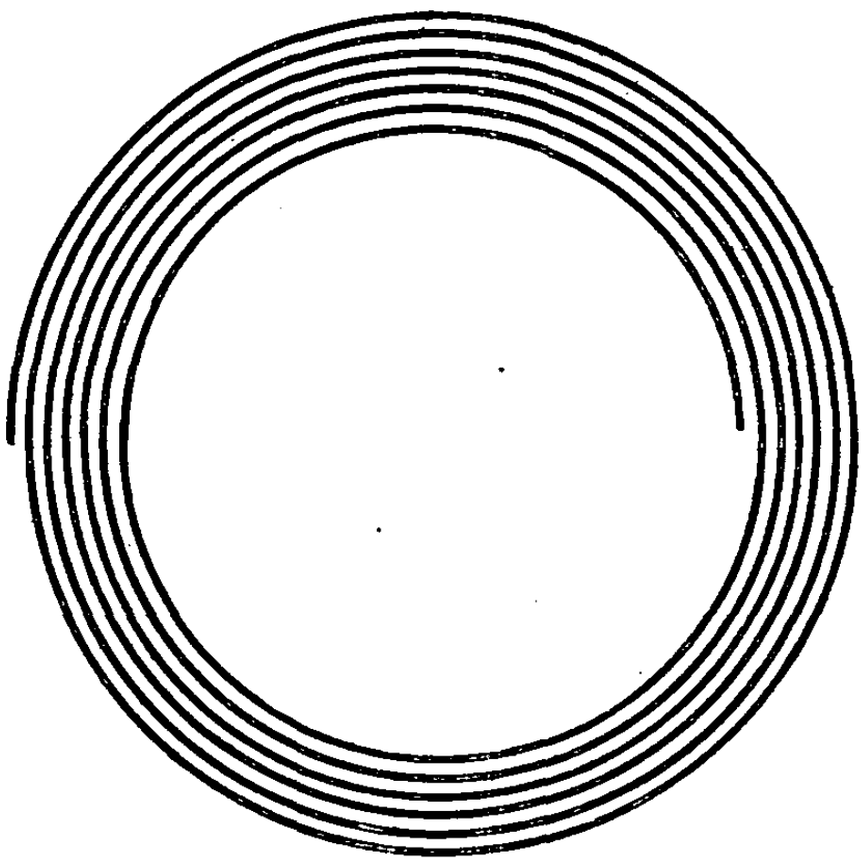
Panama, 36 km. 765.

Échelle : 0,004 par 10 kilomètres.

NOTA. — La navigation dans un canal, sur la partie courbe de la ligne, est très difficile parce que les navires y sont en partie dépourvus de leurs moyens de gouverner. Il est, par suite, très important que la longueur des parties courbes soit aussi petite que possible et que les courbes aient le plus grand rayon possible.

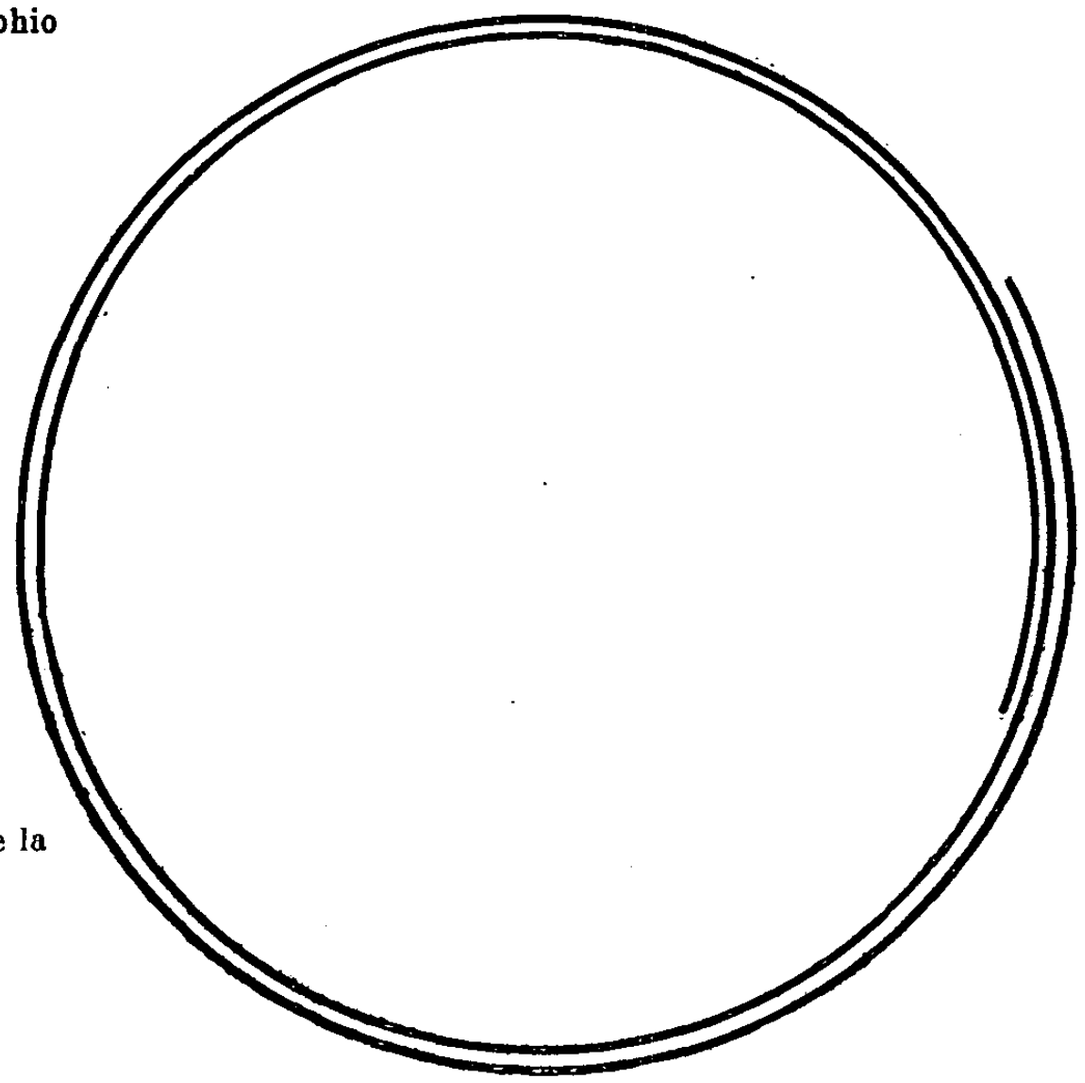
IX

Courbure et rayon moyen.



Nicaragua.

Courbure, 2 339° 50'. — Rayon moyen, 1 950 m.



Panama.

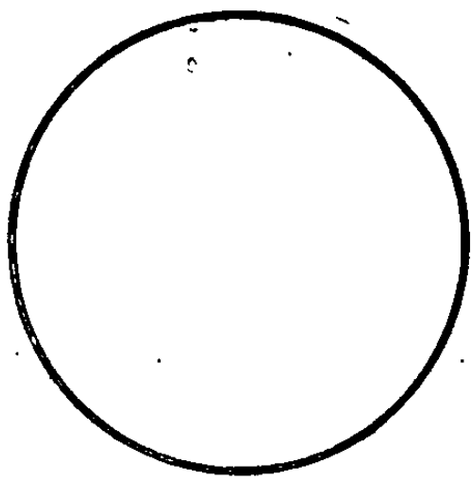
Courbure, 771° 39'. — Rayon moyen, 2 743 m.

Échelle : 0,003 par 200 m.

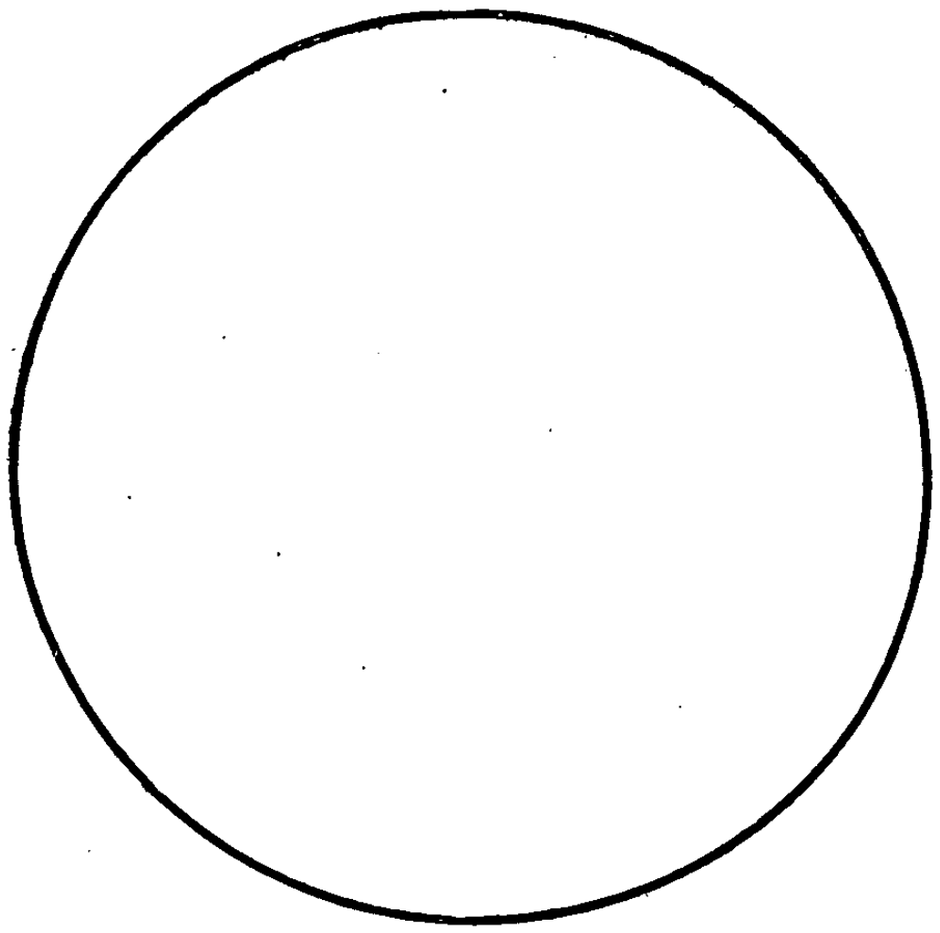
NOTA. — Un navire voyageant sur chacune des routes aurait à faire autant de tours que s'il suivait respectivement les spirales ci-dessus. L'énorme quantité de courbes sur la route de Nicaragua est compliquée par leur raideur dangereuse et anormale. Dans le graphique ci-dessus, le rayon moyen de chaque spirale est le rayon moyen de toutes les courbes sur chaque route, savoir 1 950 m. pour Nicaragua et 2 743 m. pour Panama.

X

Courbes les plus raides en dehors des lacs et des ports.



Nicaragua.
Rayon des courbes les plus raides, 1 232 m.



Panama.
Rayon des courbes les plus raides, 2500 m.
Échelle : 0,003 par 200 m.

Nota. — Les parties de la route où la navigation est la plus dangereuse sont celles où l'on rencontre les courbes les plus raides parce que si les navires ne suivent pas mathématiquement la route en courbe, ils heurtent les parois et courent le risque de sombrer lorsque le canal est ouvert à travers la roche dure. Le danger s'accroît avec la raideur des courbes ou, en d'autres termes, quand le rayon des courbes est plus petit, car les navires gouvernent avec grandes difficultés et beaucoup d'incertitude dans un canal. Ce danger n'existe pas dans les ports et dans les lacs parce que les navires peuvent suivre une voie légèrement différente sans se heurter à des obstacles.

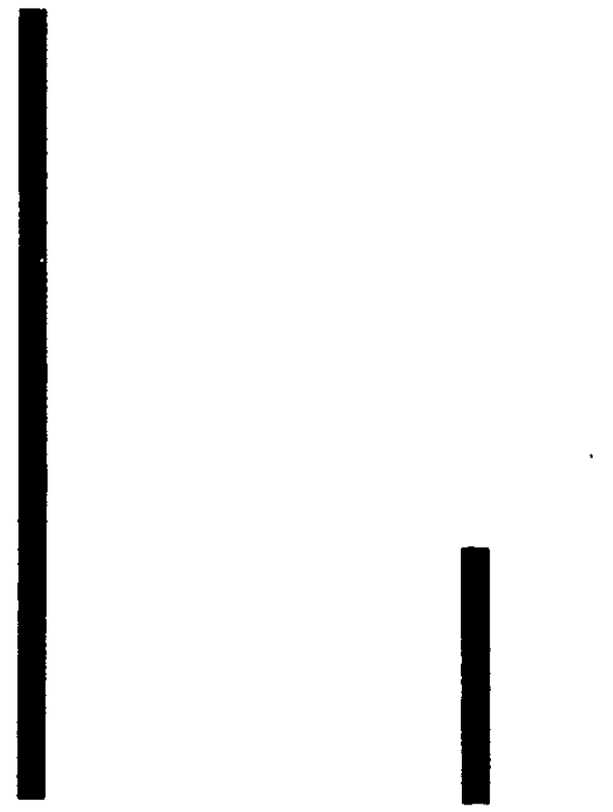
En dehors du canal proprement dit où le rayon minimum est de 2 500 m., il y a 4 autres courbes à Panama d'un rayon inférieur et qui se trouvent soit dans le port de Colon, soit dans le lac de Bohio; ces 4 courbes ne peuvent engendrer aucun danger pour les raisons ci-dessus indiquées.

XI

Durée de la traversée sans tenir compte des délais causés par les vents, les courants et l'obscurité.

Nicaragua, 33 heures. Panama, 12 heures.

Nombre moyen d'heures dépensées entre les extrémités des deux canaux en tenant compte seulement des délais pour obscurité.



Nicaragua, 64 h. 30. Panama, 21 heures.
Échelle : 0,001 par heure.

Nota. — Les ingénieurs les plus compétents (Georges Morison, Déposition devant le sous-comité du Sénat) pensent que le transit de nuit, qui est praticable à Suez avec l'atmosphère calme et sans pluie de cet isthme, les courbes à grand rayon et les eaux sans crue ni inondation du canal, ne sera pas possible pour de grands navires sur la ligne de Nicaragua avec le climat pluvieux et les tempêtes de cet isthme, les courbes raides et les courants de crues et d'inondations du canal. Il doit, par conséquent, être admis que la navigation sera arrêtée entre six heures du soir et six heures du matin. Bien que les mêmes objections ne soient pas applicables à Panama, nous les admettrons en vue de calculer le temps moyen nécessaire pour traverser l'un ou l'autre des deux isthmes.

L'arrivée des bateaux à l'entrée du canal doit être considérée comme également répartie sur les vingt-quatre heures du jour.

Il résulte de cela que les navires arrivant à l'une des extrémités du canal de Nicaragua entre six et neuf heures du matin (soit le 1/8 de ce qui arrive dans vingt-quatre heures), auront à dépenser trentre-trois heures de navigation réelle, plus deux nuits ou vingt-quatre heures de délai pour obscurité. Ils dépenseront cinquante-sept heures à traverser le canal. Les navires arrivant entre neuf heures du matin et six heures du soir (soit les 3/8 de ce qui arrive dans vingt-quatre heures), dépenseront trente-trois heures de navigation, plus trois nuits ou trente-six heures de délai pour obscurité. Ils dépenseront soixante-neuf heures

à traverser le canal. Les navires arrivant entre six heures du soir et six heures du matin (soit les 4/8 de ce qui arrive dans vingt-quatre heures), devront dépenser cinquante-sept heures, plus le temps entre leur arrivée et la matinée immédiatement suivante, soit en moyenne six heures. Ils dépenseront soixante-trois heures à traverser le canal. Le temps moyen dépensé par l'ensemble des navires arrivant dans les vingt-quatre heures sera 64 h. 30 sur la ligne de Nicaragua.

Un calcul semblable montre que le temps moyen dépensé sur la ligne de Panama sera de vingt-quatre heures pour les navires arrivant entre six heures du matin et six heures du soir et une moyenne de dix-huit heures pour ceux arrivant entre six heures du soir et six heures du matin. Le temps moyen dépensé par tous les bateaux arrivant en vingt-quatre heures sur la ligne de Panama sera de vingt et une heures.

On peut dire que les navires, en moyenne, dépenseront 43 h. 30 de plus sur la ligne de Nicaragua que sur celle de Panama.

La distance totale des extrémités de la route de Panama à New York et à San Francisco respectivement est de 498 milles géographiques, plus grande que la distance totale des extrémités de la route de Nicaragua aux mêmes ports. Comme un steamer ayant une vitesse de 11 nœuds 5 par heure couvre 498 milles en 43 h. 30, il s'ensuit que malgré la distance géométrique plus longue, Panama est la route la plus courte en temps pour tous les steamers qui ont une vitesse de 11 nœuds 5 ou plus.

Entre les ports du golfe du Mexique et San Francisco d'une part et les extrémités respectives du canal de Nicaragua d'autre part, il y a 700 milles de moins qu'entre les mêmes ports et les extrémités du canal de Panama, au lieu de 498 milles que nous trouvons dans le cas précédent. Comme un steamer ayant une vitesse de 16,1 milles par heure couvre 700 milles en 43 h. 30, il s'ensuit que, malgré la plus longue distance géométrique, Panama est la route la plus courte pour tous les steamers ayant une vitesse de 16,1 nœuds ou plus.

Pour le trafic du Pacifique Nord à la Nouvelle-Orléans, la route de Panama est plus longue en temps pour les steamers lents seulement, elle est égale à Nicaragua pour les steamers de vitesse moyenne et plus courte pour les steamers rapides.

Pour le trafic du Pacifique Nord à New York, la route de Panama est égale à la route de Nicaragua pour les steamers lents, elle est plus courte pour les steamers de vitesse moyenne et encore plus courte pour les steamers rapides.

Pour le trafic du Pacifique Sud à la Nouvelle-Orléans et à New York, la route de Panama a l'avantage en distance et en temps pour toutes catégories de navires.

XII

Vents violents.

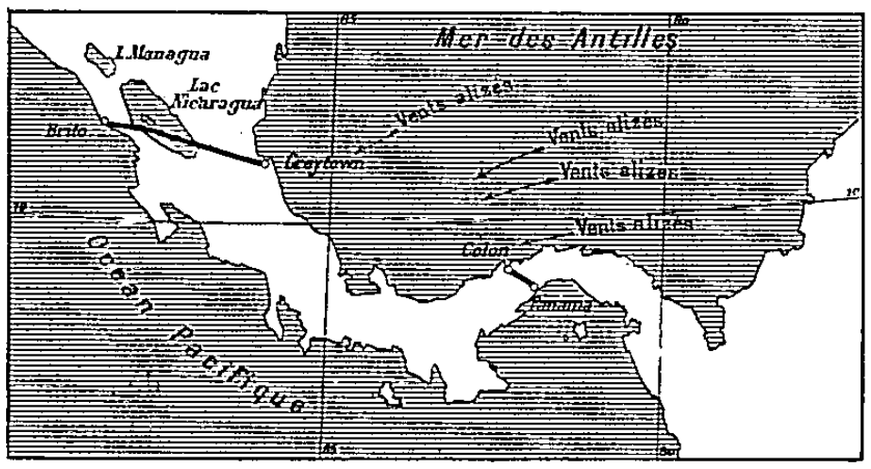


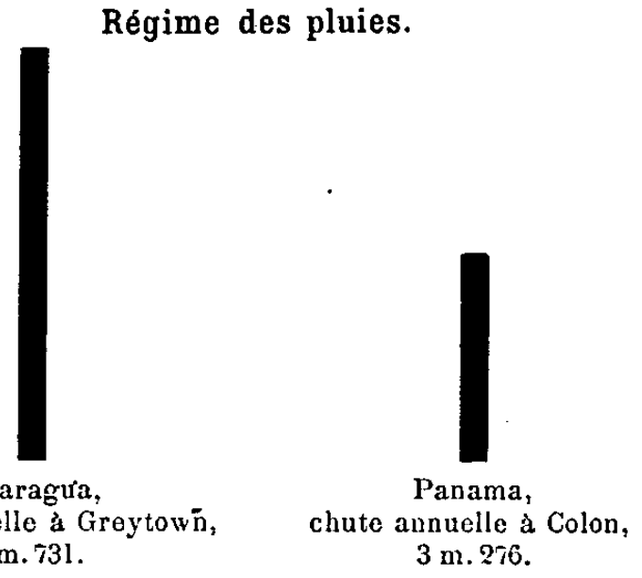
FIG. 5

Nicaragua. — Les vents alizés, lorsqu'ils frappent les hautes barrières des chaînes du Nicaragua et du Costa Rica, trouvent dans la vallée du San Juan le seul passage ouvert dans leur direction, ils sont forcés dans ce passage et soufflent constamment à travers avec une violence qui sera un danger continuel pour la navigation dans le chenal étroit du canal.

Panama. — Le canal étant orienté du nord-ouest au sud-est est perpendiculaire aux vents alizés, et la ligne du canal est complètement protégée de leur accès et des troubles qu'ils entraînent.

XIII

Régime des pluies.



Échelle : 0 m. 001 par 0 m. 2.

NOTA. — L'extrême et caractéristique abondance de la pluie sur l'isthme du Nicaragua (le maximum de pluie du continent est à Greytown) doit être prise en très sérieuse considération tant pour la construction du canal que pour son exploitation.

Une pluie tropicale obscurcit l'atmosphère et gêna souvent la navigation comme un brouillard. La chute de pluies au Nicaragua complique singulièrement le problème de la sécurité de la navigation déjà très embarrassé par les questions des vents, de courants dans la rivière, de courbes raides, de maintien de la profondeur normale dans le chenal en rivière, du transit à travers un chenal étroit dans une masse d'eau ouverte comme la mer intérieure de Nicaragua, de l'activité volcanique, etc.

XIV

Régularisation du niveau du bief supérieur.

La valeur relative des deux routes à ce point de vue ne peut pas être exprimée par des dessins.

Dans sa conclusion, la Commission des Canaux isthmiques dit (Rapport, p. 258) : « Le procédé de régularisation du niveau du lac de Nicaragua est moins simple (que celui du lac de Bohio) quoique parfaitement praticable. Il entraîne la manœuvre de portes mobiles à telle époque et avec telle extension que la chute des pluies sur le bassin du lac peut exiger. L'*expérience* et le *jugement* du *préposé à la manœuvre* sont des éléments *essentiels* pour la régularisation *effective* du niveau du lac (Nicaragua). La régularisation du niveau du lac de Bohio est *automatique* ».

Dans le langage scientifique où chaque mot a sa signification stricte, dire que la régularisation du lac (ou en d'autres termes du bief supérieur de la route de Nicaragua) aura comme élément essentiel l'expérience et le jugement d'un homme, cela exprime simplement ce fait qu'une loi spécifique et précise ne peut être formulée qui puisse déterminer la manœuvre des portes mobiles. Autrement une obéissance stricte à une telle loi serait nécessaire et non pas l'*expérience* et le *jugement* du préposé.

Aucune loi ne peut être formulée parce que le problème de la régularisation comporte deux facteurs variables et contradictoires : la chute des pluies sur le bassin du lac et l'évaporation de l'énorme surface d'eau formée par le lac de Nicaragua.

Le cas peut être assimilé au problème de la guérison d'un malade. Les facteurs qui gouvernent la santé de l'homme sont trop compliqués pour permettre de formuler une loi définie et la vie du patient doit être laissée à l'*expérience* et au *jugement* du médecin.

Il est évident que la régularisation du lac manquera si ces éléments *essentiels* manquaient eux-mêmes, c'est-à-dire si l'*expérience* et le *jugement* du météorologiste préposé sont insuffisants. Il est évident aussi que les soi-disant *expérience* et *jugement* du meilleur météorologiste sont constamment à la merci d'un incident météorologique qui les trahit.

Le maintien de la profondeur d'eau normale, 10 m. 66 dans tout l'immense bief supérieur de la route de Nicaragua, dépend strictement de la régularisation *effective* du niveau du lac.

Quand le canal sera ouvert, la plupart des vaisseaux de guerre et une grande partie des steamers de l'Océan exigeront impérieusement cette profondeur d'eau pour passer à travers l'isthme, car la plupart d'entre eux tireront 9 m. 80 dans l'eau douce.

Toute régularisation défectueuse du lac paralysera le commerce du monde et le libre mouvement de la marine américaine.

On peut dire que la route de Nicaragua est telle que le commerce du monde, la prospérité des États du versant du Pacifique et la sécurité militaire de l'Union, seront constamment exposés à la ruine par la défaillance de cette chose faible et vacillante que l'on appelle l'*expérience* et le *jugement* de l'homme.

A Panama, le problème est simple parce que la question d'évaporation n'existe pas à raison des dimensions relativement très petites du lac de Bohio.

Le seul facteur en jeu est celui de la chute des pluies, qui est parfaitement connu par sa conséquence pratique, le débit de la rivière Chagres, qui a été automatiquement enregistré chaque instant depuis vingt ans dans l'isthme de Panama.

Dans ce cas, la régularisation du niveau du lac de Bohio et par conséquent la régularisation du bief supérieur est gouvernée par une loi qui est connue et formulée, une loi qui est éternelle comme toutes les lois de la nature.

Des dispositifs particuliers pour la régularisation du niveau à Bohio ont été projetés par la Commission des Canaux isthmiques, qui ne laissent rien à faire par l'homme, pas même quelque chose de déterminé par des ordres fixes.

La régularisation est strictement automatique et c'est une solution nécessaire quand on pense aux intérêts énormes qui sont en jeu.

Cette caractéristique de la route du Nicaragua devrait à elle seule l'exclure de toute considération sérieuse.

XV

Risques de détention.

Cette importante caractéristique des deux routes ne peuvent pas être exprimées par des dessins, nous l'expliquerons par suite, comme la précédente, en langage ordinaire.

Si nous comparons deux routes navigables ayant les mêmes conditions de navigabilité et différant seulement par la longueur respective de la navigation en canal, le rapport entre les risques de détention courus par un navire sur les deux routes sera à peu près le carré du rapport des longueurs des deux routes.

On conçoit que le nombre des navires engagés à un moment donné dans chaque route sera proportionnel à la longueur de celle-ci; donc une obstruction, arrêtant en pratique toute navigation, intéressera, dans chaque cas, un nombre de navires proportionnel à la longueur des routes.

D'autre part, les chances d'obstruction par accident seront proportionnelles aux longueurs aussi; il suit de là par conséquent que le rapport entre les risques courus par un navire prenant la voie la plus longue et les risques courus par un navire prenant la voie la plus courte, sera le rapport entre les carrés des longueurs des routes.

La navigation en canal étant d'environ 228 km. à Nicaragua et 67 km. à Panama, le rapport des longueurs est de 3,4 environ dont le carré est de 11,56.

Si donc les conditions de navigabilité étaient égales, le risque de détention serait, en chiffre rond, onze fois plus grand par Nicaragua que par Panama, mais les conditions de navigabilité sont bien plus mauvaises à Nicaragua qu'à Panama, pour les raisons suivantes :

1° Les ouragans dus aux vents alizés forcés dans la vallée du San Juan ajouteront constamment une difficulté supplémentaire à la navigation, ce qui ne se rencontre pas à Panama;

2° Le nombre extraordinaire de courbes raides à Nicaragua, ce qui est montré par le fait que le rayon moyen de toutes les courbes est de 1 940 m. à Nicaragua et de 2 743 m. à Panama, donne à la première de ces routes une caractéristique des plus dangereuses au point de vue de la sécurité de la navigation et cela augmente en proportion le risque de détention;

3° La navigation dans une masse d'eau ouverte comme le lac de Nicaragua agité par des tempêtes violentes, alors que l'on est contraint de suivre, sur une distance de 46 km., un chenal étroit et peu profond, ajoutera considérablement aux risques de détention et aux dangers de cette route. Rien d'analogue, même sur une petite échelle, ne peut être trouvé à Panama;

4° La crainte de manquer d'eau dans le bief supérieur, en prévision de sécheresses prolongées et extraordinaires, conduira le préposé à la manœuvre des portes mobiles à emmagasiner de trop grandes quantités d'eau, ce qui dans le cas de saisons très humides engendrera des crues considérables et des courants rapides dans la vallée du San Juan, et ce qui ajoutera considérablement aux risques de naviguer autour des courbes raides de la rivière du San Juan.

5° Sur une distance de plus de 50 km. le canal consistera dans une tranchée ouverte dans le lit de la rivière du San Juan, ayant une profondeur de 4 m. 50 à 6 m. pour la plus grande partie.

Le maintien des profondeurs dans ce long chenal — et le rétablissement des conditions normales après le passage des courants rapides, nécessiteront beaucoup de dragages, ce qui ajoutera un autre danger important à la navigation pendant une partie de l'année.

6° Le passage à travers le canal de Nicaragua, qui durera un jour et demi si la navigation est possible durant la nuit (chose que beaucoup d'hommes compétents considèrent comme impossible), et qui durera trois jours, si la navigation est réellement impossible la nuit, mettra passagers et équipages en contact avec le pays et cela facilitera la communication entre la terre et le navire, de différentes maladies : petite vérole, choléra, fièvre jaune, etc.

Les règlements sanitaires, les quarantaines, etc., causeront d'autres risques de détention, que les navires n'auraient pas dans un canal court comme celui de Panama, qui peut être traversé entre le lever et le coucher du soleil.

Même en laissant de côté l'impossibilité de régulariser le niveau du lac, on peut dire que les risques de détention qui caractérisent le canal de Nicaragua, en outre du risque dû simplement à sa plus grande longueur, sont si nombreux et d'une gravité si effrayante que l'on hésite à estimer une valeur du risque cumulé, dans la crainte d'être obligé de conclure à une paralysie absolue et régulière de la route, lorsque les causes engendrant les risques travailleront ensemble et associeront leur action.

ZOOLOGIE APPLIQUÉE

LA SARDINE.

Les Sardines sont, comme on sait, des poissons pélagiques vivant en troupes innombrables formées le plus souvent de plusieurs millions d'individus. Elles appartiennent au même groupe que les Harengs et les Sprats dont vous les distinguerez par la forme générale du corps et aussi par la striation de l'opercule, c'est-à-dire du volet, formé de lames osseuses, qui recouvre les branchies. La sardine se distingue aussi du sprat et du hareng par sa taille, qui est intermédiaire. Mais il n'est pas nécessaire d'ajouter que ce caractère est moins bon, les plus petites ayant la dimension du premier, les plus grandes celle du second ; on a en effet trouvé des individus qui mesuraient jusqu'à 30 et même 32 cm., mais ce n'est qu'exceptionnellement qu'elles atteignent cette taille et on peut dire que leur longueur moyenne est de 16 à 18 cm.

Ces chiffres nous donnent la dimension moyenne de la sardine océanique, mais ils sont trop élevés pour celle de la Méditerranée, ainsi que l'a remarqué Marion. Pour celle-ci la taille moyenne est de 12 à 14 cm. et les plus grands

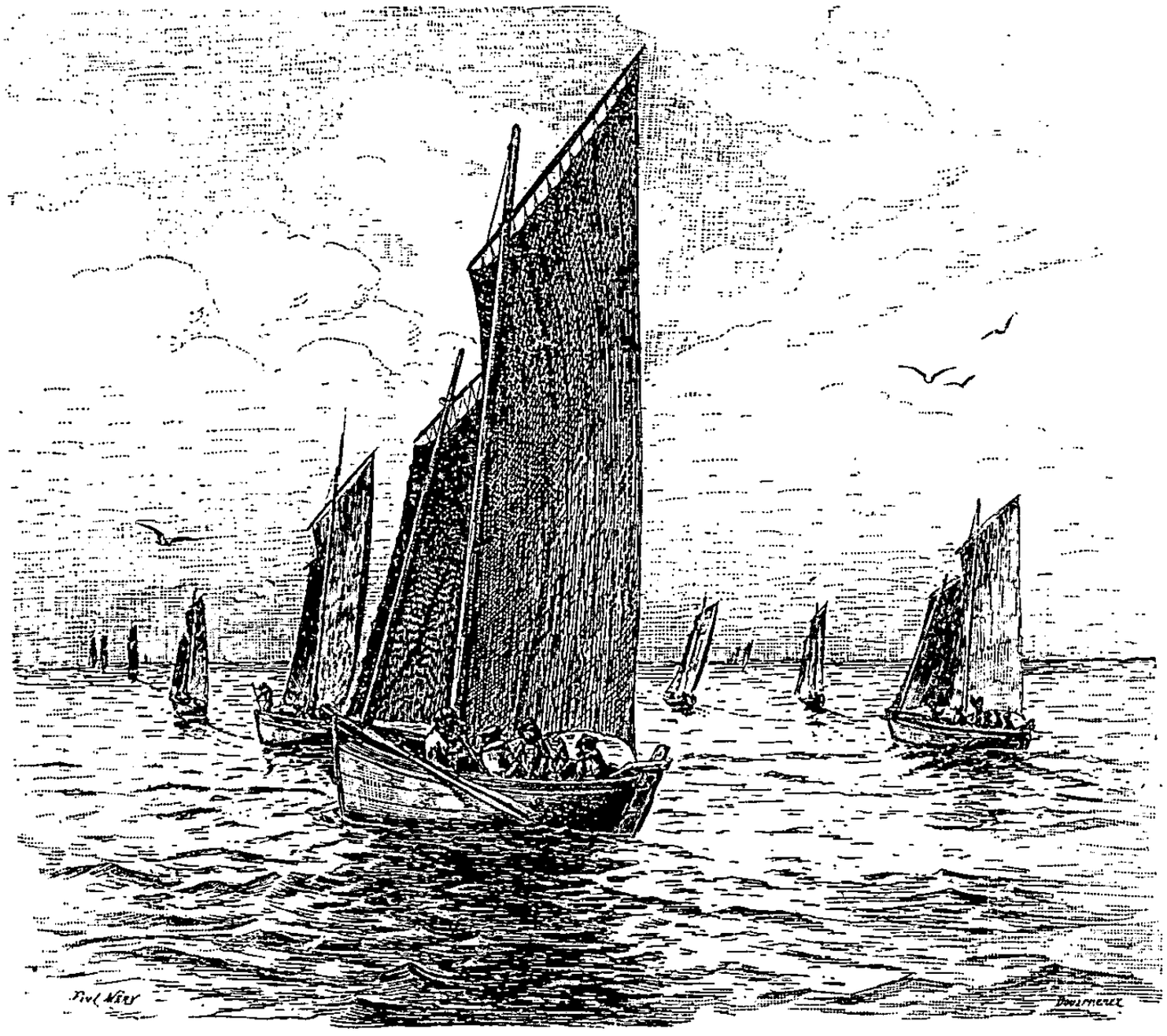


FIG. 1. — DÉPART DE PÊCHE.

individus observés mesuraient 18 cm., tandis que dans l'Océan on en rencontre fréquemment de 23, 24 et même 26 cm.

Une constatation analogue a été faite pour la plie, qui dans la Baltique est notablement plus petite que dans la mer du Nord.

La sardine de l'Océan et celle de la Méditerranée, de même que la plie de la mer du Nord et celle de la Baltique, appartiennent cependant à la même espèce, mais ce sont des races différentes.

On s'est demandé aussi pendant longtemps

si les sardines des côtes de France étaient les mêmes que celles des côtes d'Angleterre connues sous le nom de *pilchard*. On avait cru qu'il y avait entre elles quelques caractères distinctifs, parmi lesquels une différence de taille; mais cette différence n'existe pas en réalité : sardine et pilchard désignent le même poisson. Ce qui avait fait supposer le contraire c'est que sur les côtes d'Angleterre, par suite de l'époque à laquelle se fait la pêche, on ne prend que des gros individus, tandis que celles qui sont expédiées (celles préparées à l'huile) sont de jeunes poissons, ayant, comme nous le verrons, à peine une année et encore incapables de pondre.

Nous ne sommes pas très bien renseignés sur les lieux où se fait la ponte et encore moins sur l'époque à laquelle elle s'effectue; il règne sur ce point de grandes divergences parmi les savants qui ont étudié ce poisson.

La sardine ne s'approche pas de la côte pour pondre et ne dépose pas ses œufs dans les herbiers, comme on le croyait autrefois; elle s'éloigne au contraire du rivage, comme presque tous les poissons comestibles, et effectue sa ponte à une distance considérable de terre, à 30 ou 40 milles au large. Ceci explique pourquoi, dans la pêche ordinaire qui ne se pratique que près du rivage, à une dizaine de milles au maximum, on ne prend jamais où presque jamais de sardines mûres. Lorsqu'on examine en effet des sardines vendues sur le marché il est assez rare d'en trouver une remplie d'œufs. En les ouvrant on constate que les glandes génitales sont peu développées, ce qui montre que la ponte s'est faite il y a peu de temps, ou que les glandes ont à peine commencé à s'accroître pour la période suivante de reproduction. Cunningham a remarqué que les sardines mûres ne sont capturées qu'accidentellement et cela en pratiquant d'autres pêches, surtout celle du maquereau. Ce naturaliste pense que si l'on pêchait, avec les filets que l'on emploie habituellement, sur les lieux de ponte et à l'époque où elles frayent on prendrait des sardines mûres en grande quantité; mais les mailles des filets à maquereau étant beaucoup trop grandes la plupart s'échappent, il n'y en a qu'un petit nombre qui se trouvent prises : ce sont celles dont le corps est fortement distendu par des ovaires énormes. Plus petits, les mâles passent presque tous à travers les mailles; aussi l'on peut dire que l'on prend presque uniquement des femelles, encore est-il probable qu'il n'y a que les plus grosses qui soient retenues, car le nombre de celles que l'on prend dans un coup de filet n'est jamais grand : il varie habituellement entre 1 et 50, ce n'est que par hasard que l'on en pêche une centaine.

Cunningham est d'accord avec Marion en ce qu'il n'admet qu'une seule période de ponte, mais tandis que le naturaliste anglais croit qu'elle s'étend de juin à la fin d'octobre, le naturaliste français pense qu'elle va de décembre à mai. Les anciens observateurs croyaient que la sardine, comme son allié le hareng, avait deux périodes de ponte une première au printemps, de mai à juin, et une seconde, à l'automne.

Bien qu'il soit parfaitement établi que les saisons de ponte varient un peu avec les régions, il est impossible d'expliquer ces opinions contradictoires.

La sardine ne doit pas être rangée parmi les poissons pourvus d'une grande fécondité, car le nombre des œufs contenus dans une ponte, 60 000 environ, paraît petit lorsqu'on le compare à celui de la plupart des poissons comestibles qui dépasse 100 000 (Plie 300 000, Morue 6 600 000, Turbot 9 000 000).

Les anciens naturalistes avaient cru remarquer que les œufs après la ponte étaient agglomérés et formaient à la surface de la mer des grandes nappes ayant plusieurs milles de longueur; on sait aujourd'hui qu'ils flottent isolément et sont transparents, caractères que présentent les œufs de presque tous les poissons. Le hareng fait exception à la règle, il pond des œufs agglomérés qu'il dépose au fond de la mer. Pouchet, qui a étudié la sardine à Concarneau, a contredit ce fait que les œufs de la sardine étaient flottants, mais il fut de nouveau observé par Cunningham qui réussit au laboratoire de Plymouth à faire presque complètement l'élevage de ce poisson[1], dont nous allons maintenant passer en revue les principaux stades du développement.

Avant Cunningham un zoologiste italien, Raffaële[2], en avait observé les premières phases. La figure 7 qui lui est empruntée montre un œuf à un stade peu avancé : à l'intérieur de la membrane on voit formée par le vitellus nutritif une masse sphérique sur laquelle est couché l'embryon; celui-ci s'accroît aux dépens des matériaux de réserve qui constituent le vitellus. Au bout de trois jours la larve sort de l'œuf et a alors l'aspect représenté par la figure 3 : elle mesure

1. *Journal of the Marine Biological Association*, vol. II et III.
2. *Mittheilungen aus der zoologischen Station zu Neapel*, 1888.

3 mm. 8 de longueur et porte sur sa face ventrale et antérieure la vésicule vitelline encore volumineuse. C'est toujours uniquement à ses dépens que se fait l'accroissement de l'embryon, car à ce stade la bouche n'est pas encore ouverte, elle n'apparaît que trois jours après l'éclosion et le quatrième jour la vésicule a presque complètement disparu. La larve commence alors à rechercher activement sa nourriture, qui consiste en de très petits organismes flottant passivement à la surface de la mer. La figure 4 représente une larve au stade le plus avancé que Cunningham ait pu obtenir en aquarium. Ce naturaliste n'a pas réussi en effet à en faire l'élevage complet, le dixième jour elles moururent toutes. Cependant il a pu suivre les phases suivantes de la transformation en étudiant des larves recueillies au moyen de filets spéciaux dont le plus habituellement employé est celui représenté par la figure 8; en voici la description rapide : à la partie antérieure se voit, permettant à l'eau de s'étaler en entrant dans le filet, un tronc de cône de toile forte, à la suite duquel s'en trouve un second disposé en sens inverse et fait de soie à bluter. L'eau filtre à travers la soie, mais celle-ci étant assez fine pour empêcher les organismes de s'échapper, œufs et larves s'accumulent dans le récipient placé à l'extrémité. Pour pêcher avec ce filet on le traîne lentement et en dehors du sillage du bateau, tantôt à la surface même de l'eau si le temps est très calme, tantôt à 1 ou 2 pieds de profondeur si la mer est agitée. Par ce moyen Cunningham a pu recueillir des larves et observer les dernières phases du développement. Les figures 5 et 6 en représentent les deux principaux stades. Elles montrent que les nageoires se transforment progressivement, mais que sur la dernière figure la dorsale n'a pas encore acquis sa position définitive (comparez avec la fig. 2). De plus on voit que le corps est encore très long en proportion de sa minceur et sur l'animal vivant on pourrait constater qu'il est dépourvu d'écailles et n'a pas encore revêtu sa livrée argentée.

Nous pouvons donc dire que nous connaissons les principaux traits du développement de la sardine et ajouter qu'il s'effectue à la surface ou au voisinage immédiat de la surface; nous allons voir maintenant ce que deviennent ces jeunes larves après leur transformation complète.

La croissance pendant la première année a été étudiée par Marion à Marseille. Là, comme du reste sur toutes les côtes de la Méditerranée, ces alevins sont bien connus des pêcheurs du rivage, qui en prennent de grandes quantités à l'aide de sennes à mailles étroites et les désignent sous le nom de *poutines*. Celles qui apparaissent en mars sont encore très petites (2 à 4 cm.), elles n'ont ni écailles ni livrée argentée, ce sont les *poutino nudo*. Ces alevins grossissent rapidement et atteignent 4 à 5 cm., ils sont devenus des *poutino vestido* ayant alors des écailles et l'éclat argenté de l'adulte; enfin au mois de mai lorsqu'ils sont plus avancés (6 à 7 cm.) on les appelle *palailla* ou *sardinettes*. Le fait remarquable observé par Marion est que l'accroissement est sensiblement de 1 cm. par mois; de plus une autre constatation également intéressante est que la sardine reste pendant la totalité de sa première année dans le golfe de Marseille.

Sur la sardine océanique nous n'avons que des renseignements très vagues. On a signalé des individus longs de 5 à 8 cm. tantôt à la côte, tantôt au large, mais nous ne savons pas ce qu'elle devient pendant sa première année. Lorsqu'elle apparaît dans les régions de pêche où son arrivée a lieu vers la fin de mai nous ignorons absolument d'où elle vient. Les pêcheurs disent qu'elle arrive du sud, mais rien ne nous autorise à partager cette manière de voir; il est beaucoup plus probable qu'elle vient simplement du large.

Les sardines pêchées au début de la saison sont toujours petites (12 à 14 cm. en moyenne), elles proviennent d'œufs pondus l'année précédente et sont encore incapables de se reproduire; on admet, ce qui est très vraisemblable, qu'elles n'ont pas plus d'une année. Comme on l'a remarqué depuis longtemps, ces petites sardines que l'on pêche pendant tout l'été et que l'on nomme sardines d'été se montrent toute la saison sans aucune succession régulière de taille, tantôt plus petites, tantôt plus grandes. Ceci s'explique aisément par une longue période de ponte et par un rapide déplacement des bancs. Notons aussi que dans un même banc les poissons sont le plus souvent de même taille, il est rare qu'ils soient mélangés.

Si nous ne connaissons pas très bien les conditions naturelles de la sardine pendant sa première année, nous sommes encore moins documentés sur la dernière période de sa croissance et sur la région où elle vit pendant que se fait cet accroissement. On suppose que les sardines d'été atteignent 20 à 25 cm. l'année suivante et qu'elles pondent alors pour la première fois. Elles arriveraient ensuite pendant l'hiver (jan-

vier le plus souvent) sur nos côtes, où on les désigne sous le nom de sardines d'hiver.

Il est difficile de dire où elles vivent pendant ce temps. MM. Sauvage et Roché [1] ayant trouvé dans l'estomac des débris d'organismes vivant fixés sur le fond et de la vase en ont conclu que, contrairement à l'opinion admise, les sardines peuvent vivre sur le fond. On s'est naturellement demandé quelle était la cause de ces migrations, mais on n'a pu jusqu'ici la trouver; nous énumérerons, à la fin de cet article, les principales hypothèses qui ont été émises.

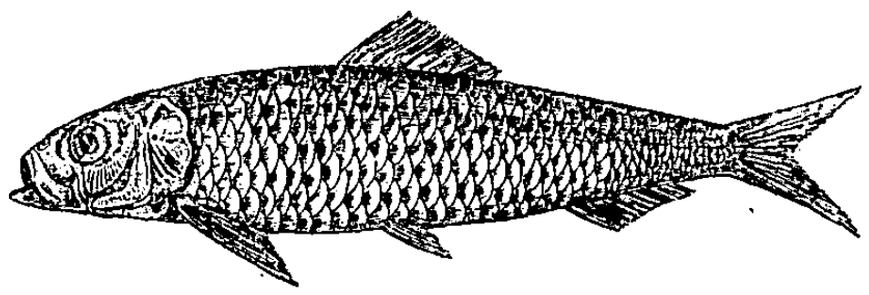


FIG. 2. — SARDINE VULGAIRE.

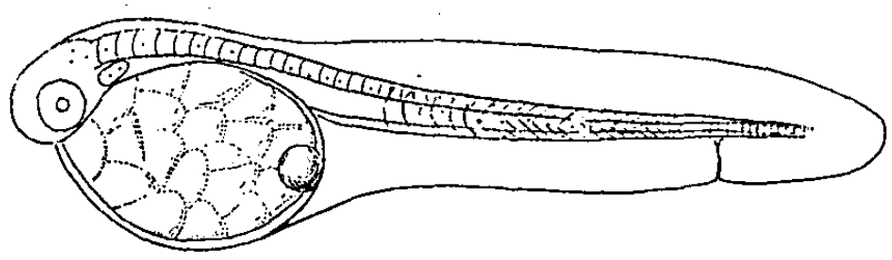


FIG. 3. — LARVE A L'ÉCLOSION.
D'après Raffaële.

FIG. 4. — LARVE DE NEUF JOURS.
D'après Cunningham.

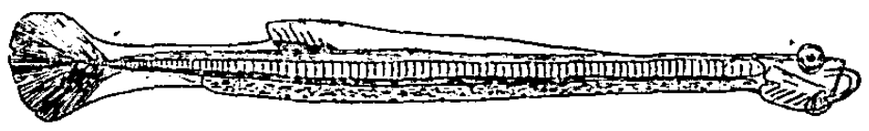


FIG. 5. — LARVE AU DÉBUT DE LA TRANSFORMATION.
D'après Cunningham.

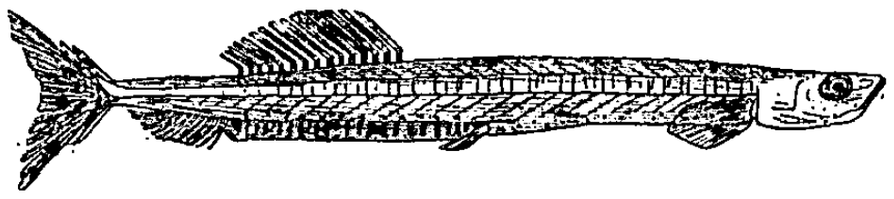


FIG. 6. — LARVE A UN STADE TRÈS AVANCÉ.
D'après Cunningham.

Sur les côtes de Bretagne et de Vendée on pratique de façon différente la pêche des sardines d'été et celle des sardines d'hiver.

Voyons d'abord comment se fait celle beaucoup plus importante du poisson d'été, qui est seul employé pour la fabrication des conserves.

On se sert pour cela de bateaux non pontés d'environ 20 pieds de long, munis de 2 mâts et montés par 4, 5 ou 6 hommes. La pêche se pratique au moyen de filets faits d'un fil très fin qui ont 20 à 30 m. de longueur sur 6 à 8 de hauteur, ils sont munis d'une ralingue supérieure à laquelle sont fixés des lièges tandis qu'à la ralingue inférieure sont attachés des plombs; quelquefois celle-ci est simplement constituée par une grosse corde de chanvre.

Chaque bateau possède un assortiment de filets de mailles de différentes grandeurs, car il faut qu'elles soient proportionnées à la grosseur du poisson. On comprend en effet que si les mailles sont trop grandes le poisson s'échappera, si au contraire elles sont trop petites, il ne pourra se prendre; il faut que leur ouverture soit telle que la tête puisse y pénétrer mais que le corps qui est plus gros ne puisse passer au travers.

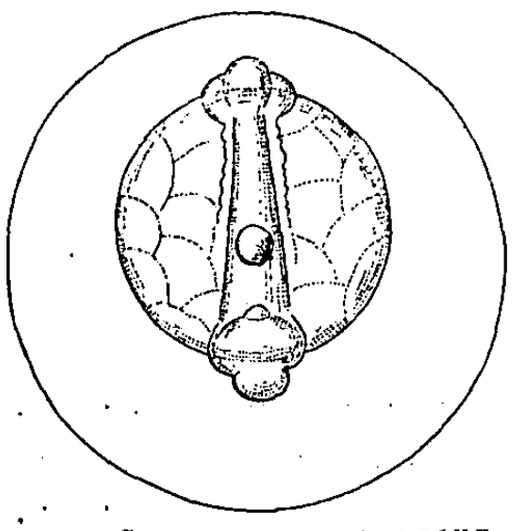


FIG. 7. — ŒUF DE SARDINE.
D'après Raffaële.

1. Roché, *Revue générale des Sciences*, juin 1893.

Outre leurs filets, les pêcheurs doivent encore se munir d'un appât qui sert d'abord à faire monter la sardine, puis à la faire se prendre; cet appât est ce qu'ils appellent la rogue. Il en existe deux sortes : la rogue naturelle, qui vient de Norvège et est faite avec des œufs de morue salés, et la rogue artificielle, qui est une farine blanchâtre provenant de la fabrication des huiles d'arachides; cette dernière est beaucoup moins estimée,

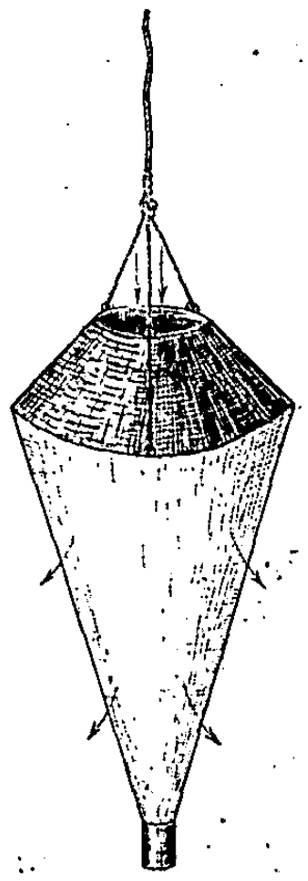


FIG. 8. — FILET POUR LA PÊCHE DES LARVES.

mais on l'emploie aussi à cause de son prix moins élevé.

Munis de leurs filets et de rogue, les bateaux partent pour la pêche, qui ne se fait jamais loin de terre, tantôt au voisinage même de la côte, tantôt à quelques milles au large. Arrivés dans la région où on veut pêcher, on amène les voiles et quelques hommes prennent les avirons pour maintenir le bateau debout au vent. Le filet est mis à l'eau après que l'on a fixé une bouée à l'une des extrémités de la ralingue supérieure, l'autre extrémité étant ensuite attachée au bateau; et à ce moment les matelots rament plus vigoureusement de façon à tendre le filet. Pendant ce temps le mousse prépare l'appât en délayant la rogue dans de l'eau. La bouillie que l'on obtient ainsi doit être jetée de façon à forcer les sardines à essayer de traverser le filet, c'est-à-dire qu'elle doit être répandue du côté opposé à celui où l'on aperçoit les poissons. Ceux-ci se prennent alors dans les mailles ce dont on est averti par les mouvements irréguliers des lièges et aussi par de nombreuses écailles qui flottent à la surface. Lorsqu'on juge que le poisson est pris en assez grande quantité ou bien on relève le filet ou bien on en ajoute un deuxième à la suite du premier en attachant l'une à l'autre les ralingues supérieures et l'extrémité libre de la deuxième ralingue au bateau. Lorsque la pêche donne bien, on peut placer jusqu'à 5 pièces de filet les unes au bout des autres en semant toujours de la rogue.

Le filet étant rempli de poissons, les pêcheurs pour le relever s'y prennent de la façon suivante : on détache du bateau la ralingue du dernier filet puis on y fixe une bouée; ceci fait on va à la rame rechercher l'autre extrémité du filet c'est-à-dire la première pièce mise à l'eau et à mesure qu'on la hale on en extrait le poisson en la secouant fortement.

Lorsque l'année est bonne, un bateau arrive souvent à prendre 8 000 et même 10 000 sardines dans une journée.

Cette pêche se pratique sur les côtes de Bretagne et de Vendée, de la fin de mai jusqu'en novembre, quelquefois même jusqu'en décembre. A cette époque, beaucoup de bateaux n'étant pas outillés pour pêcher la sardine d'hiver ou les poissons plats au moyen du chalut, désarment.

A Concarneau, par exemple, où l'on compte 600 barques, 200 seulement sont organisées pour faire la pêche de la sardine d'hiver qui n'est pas employée à fabriquer des conserves mais consommée à l'état frais.

Cette pêche se fait sans rogue, uniquement au moyen de filets dérivants, d'où le nom de *sardine de dérive* qui lui est aussi donné. On s'y livre relativement peu sur nos côtes tandis que sur les côtes anglaises où on la pratique seule elle se fait sur une grande échelle. Là, outre les filets dérivants, on emploie des sennes manœuvrées par trois bateaux.

Dans la Méditerranée on n'emploie jamais de rogue; la pêche se fait toujours avec des filets dérivants beaucoup plus longs et plus hauts que ceux de Bretagne, que l'on jette en zigzag aux points où l'on suppose que se tiennent les sardines.

En dehors des golfes du Lion et de Gènes dans la Méditerranée, des côtes de Bretagne, d'Angleterre et d'Irlande, on pratique encore cette pêche sur les côtes d'Espagne et du Portugal d'août en janvier. L'industrie de la sardine est même très développée dans ces deux régions où ce poisson est plus abondant que chez nous, si bien que des industriels français, abandonnant leurs usines, y sont allés en installer de nouvelles.

Sur nos côtes, la pêche est le plus active dans la région comprise entre Douarnenez et les Sables-d'Olonne, et c'est à Concarneau que la sardine est prise en plus grande quantité. On y compte, comme nous l'avons vu, 600 barques armées pour faire cette pêche, mais lorsque le poisson donne bien, de nombreuses barques des environs viennent se joindre à elles et arrivent quelquefois à en doubler le nombre. Or, comme il arrive que dans les années d'abondance chaque bateau en pêche souvent, avons-nous dit, 8 000 à 10 000 dans sa journée, on voit quelle prodigieuse quantité de poisson est amenée sur le marché; aussi Concarneau compte-t-il 33 usines occupant chacune en moyenne une trentaine d'hommes et de 60 à 100 femmes.

Il est impossible de dire d'une façon précise quel est le gain journalier des ouvriers, car ils travaillent aux pièces et ne gagnent pas le même salaire dans toutes les usines. Les femmes se font de 2 à 3 francs tandis que les ouvriers soudeurs habiles arrivent parfois jusqu'à 25 et même 30 francs par jour.

De même que pour l'ouvrier d'usine, il est impossible pour le pêcheur d'évaluer le gain que lui rapporte une campagne, car le prix du poisson est naturellement aussi variable que

son abondance. Lorsque la pêche rend beaucoup, le prix du mille de sardines s'abaisse quelquefois à 2 francs pour monter dans les périodes de disette, cette année par exemple, jusqu'à 70 francs.

Le rendement de la pêche varie non seulement avec la quantité de poisson pêché et sa vente plus ou moins bonne mais aussi avec le prix de la rogue qui souvent est très élevé; cette année, il l'était encore plus que de coutume, de sorte que fréquemment la pêche ne donnait pas de quoi couvrir les frais.

On estime qu'en moyenne la sardine rapporte aux pêcheurs une douzaine de millions par année.

On conçoit d'après ce que nous venons de voir dans quelle gène doivent se trouver pêcheurs, ouvriers d'usines et tous ceux qui en profitent indirectement lorsque la sardine vient à manquer.

La crise que nous avons eue cette année, sous une forme peut-être plus aiguë que de coutume, s'est produite de tout temps.

M. A. Odin, directeur du Laboratoire maritime des Sables-d'Olonne, a en effet montré :

« 1° Qu'aussi loin que l'on peut remonter dans l'histoire de la pêche dans l'ouest on constate la même irrégularité autrefois que de nos jours dans les époques d'apparition de la sardine, la durée de son séjour et sa disparition;

« 2° Qu'il y a des écarts analogues dans les chiffres représentant les quantités annuellement pêchées [1] ».

Sans remonter très loin on constate que la crise actuelle est la troisième depuis 1880. Cette année en effet et les deux suivantes, la pêche fut mauvaise, puis en 1883 la sardine apparut en très grande abondance et de nouveau ne vint pas ou presque pas pendant les trois années qui suivirent.

En 1893 il y eut une nouvelle crise, mais de courte durée cette fois.

A chaque période de disette on s'occupe de la question. On recherche quelles sont les causes de la disparition de la sardine et toutes les explications possibles ont été données. Les uns l'ont attribuée à la pêche intensive pratiquée sur les côtes d'Espagne, d'autres aux courants, aux vents, à la température, au manque de nourriture, etc. Nous ne nous arrêterons pas à les discuter car aucune n'est bonne.

1. A. Odin, Pêches maritimes, in *Revue des Sciences naturelles de l'Ouest*, 1894 et 1895.

Il faudrait avant tout savoir si la sardine a réellement manqué où si, comme on le dit, elle ne s'est pas approchée de la côte. Je ne crois pas pour ma part à cette deuxième opinion généralement admise, car les sardines viennent toujours au voisinage du rivage, quelquefois en petit nombre, mais elles y viennent toujours; or il faudrait admettre que parmi ces poissons il n'en est qu'une partie qui obéissent aux lois des migrations, ce que je ne crois pas. Aux mêmes influences les poissons réagissent de la même façon.

Tous ceux qui se sont occupés de cette question de la disparition de la sardine ayant donné leur explication, je vais tenter à mon tour d'émettre une hypothèse.

Pour la faire bien comprendre j'emploierai une comparaison prise dans le règne végétal. On sait que les arbres de nos vergers donnent des fruits d'une façon très irrégulière et que souvent après plusieurs années où ils en sont chargés vient un temps plus ou moins long pendant lequel ils n'en portent pas, et cela bien qu'à chaque printemps ils se couvrent de fleurs; mais dans les mauvaises années presque toutes ces fleurs tombent, il n'en est que très peu dont l'ovaire se transforme en fruit.

La même chose se passerait pour les sardines : les glandes génitales, après avoir formé pendant une où plusieurs années des produits sexuels en grande abondance, tomberaient pendant un certain laps de temps dans une période de moindre activité pendant laquelle elles formeraient encore ces mêmes produits, mais ceux-ci, pour une raison que nous ignorons, seraient incapables de venir à bien. Puis, après cette période de repos, leur activité reprendrait à nouveau et le poisson reparaîtrait en grande abondance.

Cette hypothèse a l'avantage d'expliquer non seulement l'irrégularité de la pêche de la sardine mais aussi celle de beaucoup d'autres poissons, morue, hareng, par exemple.

Je souhaite dans l'intérêt de nos pêcheurs et de nos industriels que mon hypothèse ne soit pas exacte.

Si l'explication que je viens de donner se vérifie, il n'y a aucune solution à la question, car, comme l'a déjà dit M. Fabre-Domergue [1], il ne peut être d'abord question de repeuplement artificiel. On ne peut tenter l'élevage de la sardine pour cette raison qu'il est impossible de se procurer des œufs.

1. In *Revue générale des Sciences*, 1896.

Il ne peut d'autre part être question non plus de mesures de protection. Il est clair en effet que si l'on peut détruire ou protéger des espèces sédentaires ou à peu près, toute mesure devient par contre illusoire sur des espèces voyageant sans cesse, que l'on ne pêche que pendant une partie de l'année et sur un espace extrêmement restreint.

Il me paraît encore inutile au point de vue pratique de rechercher, s'il y a lieu, quelles sont les causes qui déterminent l'irrégularité de la venue des sardines car alors même que nous les connaîtrions toutes exactement, ce qui n'est pas précisément facile, cela n'apporterait aucun soulagement à la misère bretonne. Les migrations de la sardine sont déterminées par des influences qu'il n'est pas en notre pouvoir de modifier. Le seul avantage que nous pourrions tirer de ces connaissances serait d'expliquer la disette, peut-être de la prévoir, mais non de l'empêcher.

Le seul point sur lequel doivent, dans un intérêt pratique, se porter nos investigations est de rechercher s'il est vrai que la sardine se montre au large et en grande quantité lorsqu'elle n'apparaît pas sur la côte, parce que dans ce cas la solution du problème serait trouvée. Il suffirait en effet, comme M. A. Odin le proposait déjà en 1895, d'arriver à modifier l'armement dans le plus bref délai possible. Avec des bateaux plus forts, les pêcheurs pourraient d'abord aller à la recherche du poisson au large, et une fois l'hiver venu se mettre à chaluter et à pêcher la sardine de dérive.

Il me paraît même que dans tous les cas c'est là l'unique but vers lequel on doit tendre.

Il n'est malheureusement aucun de nos laboratoires qui, possédant un bateau assez fort pour aller au large et aménagé de façon à pouvoir rester longtemps en mer, puisse entreprendre ces recherches. Il serait à désirer que le ministère de la Marine leur en donnât les moyens et aussi, comme l'ont déjà proposé lors des crises précédentes MM. Giard, Roché et Fabre-Domergue, que l'on se décidât enfin à suivre l'exemple donné par les autres nations qui, comprenant que le développement des industries quelles qu'elles soient est intimement lié au progrès de la science, ont dans ces dernières années entrepris une étude méthodique de la biologie des poissons comestibles.

L. DANTAN,
Chef des travaux de pisciculture au Muséum.

PÉDAGOGIE

LES SCIENCES DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE[1].

D'introduction relativement récente dans les études secondaires, l'enseignement scientifique y attend encore sa place et ignore lui-même son véritable rôle. Si son existence est admise, son esprit est souvent méconnu de la manière la plus extraordinaire. On voyait, tout récemment encore, admettre, sans plus ample examen, que les études scientifiques sont entièrement « spéciales et techniques », qu'elles s'adressent à la mémoire et « étouffent le jugement [2] ». Le nombre est encore par trop réduit de ceux qui sentent toute l'importance de l'esprit scientifique et qui comprennent que la Science, avec laquelle il a pris naissance, doit être appelée à le développer.

Seulement, pour arriver à ce résultat, il ne suffira pas d'enseigner, comme il arrive si généralement, la Science toute faite : aucun effet utile ne saurait être produit si l'on n'inculque, en même temps et surtout, la méthode par laquelle elle se fait : et qui devra pénétrer non seulement la parole du professeur, mais le travail de l'élève. On devra exercer, le plus souvent possible, celui-ci *à trouver par lui-même des vérités, à résoudre lui-même des questions scientifiques.*

Tentative insensée, semble-t-il, que de vouloir faire reconstituer la science par des cerveaux d'écoliers! Il n'en est rien : simple question de degré, de mesure. Prenons, pour expliquer ma pensée, un enfant à qui vous aurez appris la dilatation des liquides par la chaleur et son application au thermomètre. Vous pourrez

1. L'auteur de cet article a bien voulu se donner la peine d'y condenser en quelques lignes, pour nos lecteurs, une longue et substantielle conférence sur cet intéressant sujet, qu'il a brillamment développé le 12 mars, à l'*École des hautes études sociales*. Nous publions ce résumé, clair et vigoureux, d'autant plus volontiers que nous sommes d'accord avec l'auteur, au moins dans les grandes lignes de son argumentation, et qu'il a placé la discussion sur un terrain où nous avons pris position depuis longtemps.

G. M.

2. Voir par exemple : Fouillée, La Médecine et les Humanités, *Revue scientifique*, 1re série, tome XVII, p. 386-87 ; 1902.

alors demander à cet enfant pourquoi on compose les thermomètres d'une boule relativement grosse surmontée d'un tube étroit; ce qui arriverait si la boule était plus petite et le tube plus large; et répondre à de telles questions ne sera nullement au-dessus des forces d'un enfant de dix ans[1]. En y répondant, *il fera de la science*, au point de vue que nous venons d'indiquer; et des exercices analogues pourront être indiqués à tous les degrés de l'enseignement.

Mais ce qu'il y a de certain, c'est que dans l'état actuel, les choses ne se passent point ici : c'est la déplorable insuffisance, à cet égard, de l'enseignement tel qu'il existe.

Cette insuffisance s'explique tout d'abord par celle même du temps qui lui est imparti. On sait combien ce temps est, ou était, en général, dérisoire dans certaines branches de l'enseignement secondaire, telles que l'enseignement classique du régime de 1890, ou la section « Latin-Grec » du nouveau régime. Il est tout juste suffisant pour un cours dicté que les élèves récitent, en le comprenant parfois, heureux quand ils parviennent à ce double résultat. C'est le psittacisme imposé, quel que soit le zèle et le mérite du corps enseignant, par la force des choses.

C'est ainsi que, dans la section « Latin-Grec », les mathématiques sont étudiées *une* heure par semaine, en quatrième, seconde et première, deux heures en troisième. La réduction du temps *global* ainsi donné à cet enseignement ne suffirait d'ailleurs pas à expliquer toute la pauvreté des résultats qu'il donne, le nombre des personnes « très intelligentes, mais fermées aux mathématiques », s'il ne fallait tenir compte encore de ce que cette réduction porte, en particulier, sur la première année d'enseignement, si critique, si décisive pour le succès des années suivantes, où l'essence même, l'esprit du raisonnement géométrique doivent être saisis, sous peine de ne l'être jamais.

Mais l'enseignement mathématique aggrave ce défaut dont il n'est pas responsable par un autre qui lui est propre et auquel il serait temps de remédier. Je veux parler de l'emploi beaucoup trop absolu et surtout trop prématuré qui est fait, *dès l'abord*, de la méthode euclidienne : méthode admirable au point de vue scientifique, mais dont il est absolument impossible que le sens et le but soient saisis par les commençants[2].

C'est une fois débarrassé de ces obstacles que la culture mathématique pourra aller à son but : but clairement défini par ce qui précède. Il faut que l'élève ne se contente pas d'apprendre et même de comprendre les raisonnements qui lui sont exposés, il faut qu'il en construise lui-même, qu'il résolve des problèmes, et même soit amené à reconstituer certaines démonstrations simples du cours. On sait combien on est loin de cet idéal, au moins dans les premières années.

Mais la grande faute commise a été de réserver la place prépondérante, parmi les matières scientifiques, aux mathématiques, c'est-à-dire à un enseignement abstrait portant sur des êtres de raison. L'enseignement véritablement scientifique devra, au contraire, reposer en grande partie sur les sciences expérimentales, actuellement encore plus sacrifiées que les mathématiques et qui, cependant, non seulement parce qu'elles portent sur du *réel*, sont indispensables à la formation de l'esprit, mais encore ont l'immense avantage d'être accessibles aux jeunes enfants incapables d'abstraction, mais doués d'une remarquable faculté d'observation et de comparaison, que l'enseignement devrait utiliser et qu'il étouffe trop souvent.

L'insuffisance du temps attribué à l'étude des sciences expérimentales suffirait à expliquer l'état où elle se trouve, et qui est, dans trop de cas, celui d'un exercice de pure mémoire. Mais là encore, l'enseignement ajoute, — ou plutôt, ajoutait jusqu'ici — à ces obstacles, un vice de méthode véritablement surprenant. Je veux parler du système inouï qui consiste à se contenter pour l'étude d'une science d'observation, d'un cours dicté, — accompagné de rares expériences sur la valeur éducative desquelles personne, je crois, ne se fait illusion. Il faut toute la force de l'habitude pour que l'absurdité d'une pareille manière d'opérer n'ait pas été sentie plus tôt.

— Pendant que l'on suivait ici des voies aussi manifestement contraires à la nature du but visé, l'enseignement des sciences expérimentales, particulièrement de la Physique et de la Chimie, était repris de l'autre côté de l'Atlantique, par une méthode tout opposée. Celle-ci, qui a reçu le nom de méthode de *re-discovery*, n'est autre que l'application des principes posés tout à l'heure. Réunis au laboratoire, et non en classe, les élèves retrouvent expérimentalement les prin-

1. Ou même notablement plus jeune, comme l'expérience l'a montré.

2. Dans une première discussion qui a suivi la conférence, et qui a été continuée le jeudi 26 mars, M. Bioche s'est montré partisan de la transformation de cet état de choses, que l'on peut espérer voir cesser avant un avenir trop éloigné.

cipaux faits des sciences physiques. Leurs cahiers d'expériences, et non leurs cahiers de cours, représentent le résultat essentiel de leur travail.

En usage depuis quelques années déjà, ce système n'a été porté à la connaissance des lecteurs français — et encore sans une diffusion suffisante — qu'à la suite de l'Exposition de 1900 et des rapports partiels ou généraux auxquels elle a donné lieu, particulièrement de la part de MM. Niewenglowski et Lemonnier.

Les nouveaux programmes tendent heureusement à améliorer l'ancien état des choses. Des manipulations de Physique et de Chimie ont été instituées dans plusieurs classes. Si cet essai est sérieusement poursuivi, s'il n'est considéré que comme un minimum, si on évite de faire porter toute l'attention sur la pure technique sur la « cuisine », si on y applique sérieusement, résolument la méthode de *re-discovery*, on pourra voir se constituer enfin un enseignement ayant une véritable valeur formative et éducative.

Est-il besoin d'ajouter que la méthode de sa découverte ne doit pas seulement s'appliquer aux sciences expérimentales, que même dans le domaine mathématique, sa nécessité résulte de ce qui précède, qu'elle doit être, en un mot, considérée comme la méthode véritablement scientifique d'enseignement?

J. HADAMARD,
Professeur adjoint à la Sorbonne.

Tribune libre d'Enseignement expérimental.

Notre appel a été déjà entendu par plusieurs correspondants. Ils nous ont envoyé quelques dispositifs expérimentaux simples et peu coûteux qui sont tout à fait conformes à l'esprit de notre proposition pédagogique. Nous les publierons successivement à mesure que nous aurons de la place disponible. Nous insistons encore sur le caractère général de notre proposition, qui doit s'appliquer aussi bien à l'enseignement de la Chimie et des Sciences naturelles qu'à celui de la Physique.

Œil artificiel.

La théorie de la vision peut être expérimentalement vérifiée au moyen d'un appareil très simple, et d'une construction facile (fig. 1).

L'œil, avec ses trois milieux réfringents, humeur aqueuse, cristallin, et humeur vitrée, est équivalent à un système unique, à un dioptre, formé par une surface sphérique convexe, de rayon sensiblement égal à 5 millimètres, séparant l'air d'un milieu homogène d'indice à peine supérieur à celui de l'eau, et possédant deux distances focales principales, l'une de 15 millimètres vers l'air, l'autre de 20 millimètres vers la rétine qui, dans un œil normal non accommodé, est exactement placée au second foyer (œil réduit de Listing).

Pour réaliser ce système à une échelle 5 fois plus grande, il suffit de prendre un ballon de verre ayant à peu près 11 centimètres de diamètre, c'est-à-dire environ 650 centimètres cubes de capacité. On souffle, au chalumeau, en un point de la région équatoriale, un renflement d'environ 1 centimètre de saillie sur un diamètre de base de 5 centimètres, de façon à réaliser une portion de sphère d'environ 3 centimètres de rayon. La mise en expérience de l'appareil servira à vérifier d'ailleurs si ces conditions sont suffisamment bien remplies. On complète l'appareil par un diaphragme de carton, présentant une ouverture circulaire de 3 centimètres de diamètre, et que l'on place extérieurement contre la partie renflée; ce diaphragme jouera le rôle de la pupille.

Expérience : on remplit le ballon d'eau légèrement colorée par quelques grains de fluorescéine et on l'expose soit aux rayons parallèles d'une lanterne oxyhydrique, soit aux rayons solaires orientés en un faisceau horizontal.

On voit alors, à l'intérieur du ballon, un faisceau lumineux convergent, très apparent même de loin, grâce à la fluorescéine, et qui a son sommet, c'est-à-dire le second foyer de l'œil, exactement sur la paroi du ballon opposée à la partie renflée. C'est l'image de l'œil *normal* regardant au loin.

En remplaçant l'eau pure par de l'eau salée, ou encore

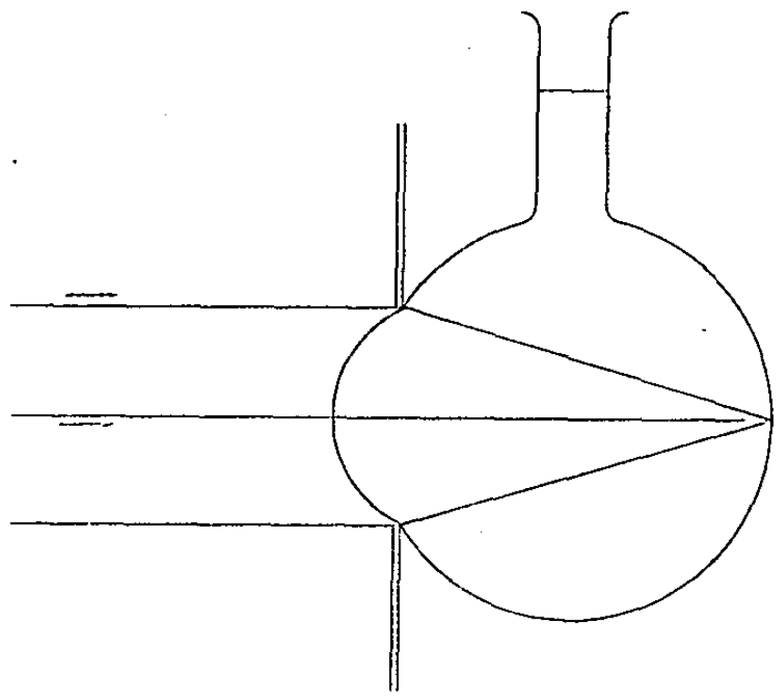


FIG. 1. — ŒIL RÉDUIT.

par de la benzine, d'indice 1,5, on voit le sommet du faisceau convergent se former à l'intérieur du liquide, sans atteindre la paroi. C'est l'image de l'œil *myope*.

Avec l'alcool méthylique, un peu moins réfringent que l'eau, on voit le foyer s'allonger au delà de la paroi : c'est l'œil hypermétrope. (Pour mieux marquer la différence avec l'œil normal, on peut légèrement saler l'eau dans le premier cas.)

En plaçant en avant du ballon des lentilles convergentes ou divergentes, on réalise les modifications du faisceau qui correspondent soit à l'accommodation, soit à l'emploi des bésicles.

Enfin en dépolissant légèrement, à l'acide fluorhydrique gazeux, la paroi extérieure du ballon opposée à la partie renflée, on peut obtenir sur l'écran ainsi formé, et jouant le rôle de la rétine, des images renversées et suffisam-

ment nettes, des objets placés en avant, d'une bougie allumée, par exemple.

Communiqué par M. L. Benoist,
Professeur au Lycée Henri IV.

Expérience sur la transmission des pressions par des liquides superposés, de densités différentes.

L'appareil que voici (fig. 2) permet de réaliser une application intéressante de la transmission des pressions par des liquides superposés, et de densités différentes. Il donne aux expériences sur l'équilibre de deux liquides dans deux vases communicants le même complément hydrodynamique que donne l'expérience du jet d'eau ordinaire dans les cas des vases communicants contenant un seul liquide. On peut aussi y voir une fontaine de compression où la pression due au poids d'un liquide très dense remplace la pression due à l'air comprimé.

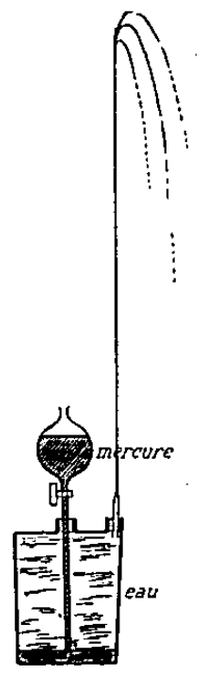


FIG. 2.

Dans la tubulure centrale d'un flacon bitubulé, on fixe, au moyen d'un bon bouchon, un tube à entonnoir et à robinet (tube à brome) tel qu'on le trouve dans tous les laboratoires de chimie; son extrémité inférieure doit descendre jusqu'au fond du flacon. Dans l'autre tubulure, on fixe un tube court et effilé vers le haut. Les deux bouchons doivent être solidement fixés et au besoin ficelés.

Le flacon étant tout d'abord *entièrement* rempli d'eau, on ferme le robinet, et on remplit l'entonnoir de mercure; il suffit alors d'ouvrir le robinet pour voir jaillir du tube effilé un jet d'eau de plus de *trois mètres*, grâce à la pression exercée par la colonne de mercure qui s'élève à une trentaine de centimètres, au-dessus du fond du vase, dans le tube à entonnoir.

La hauteur théorique du jet d'eau serait de 4 mètres; mais, de même que dans le jet d'eau ordinaire, on n'obtient que les trois quarts environ de cette hauteur à cause des ajutages, de la résistance de l'air, etc.

Communiqué par M. L. Benoist,
Professeur au Lycée Henri IV.

Capillarité.

J'ai reproduit à diverses reprises, et toujours avec un égal succès, diverses expériences de capillarité que je me permets de recommander aux professeurs qui n'auraient pas eu l'occasion de les essayer. Elles sont exposées comme il suit dans une conférence faite en 1885 par Lord Kelvin devant la Société royale de Londres.

1° *Production d'une goutte pendante enfermée dans une membrane élastique réelle* : « L'appareil se compose d'un fort anneau de métal (ou d'un cerceau) d'environ 0 m. 60 de diamètre suspendu au plafond — ou à un support approprié — dont l'ouverture est fermée par une feuille de caoutchouc serrée tout autour de lui, tendue uniformément dans toutes les directions et aussi fortement qu'on a pu le faire sans employer des appareils spéciaux pour la tendre et l'attacher ensuite à l'anneau. En versant de l'eau sur la feuille on la voit se déformer et prendre l'aspect de la surface d'une goutte au moment où elle commence. L'addition progressive d'eau produit un changement graduel et lent de la feuille rappelant tout à fait la série des apparences que revêt une goutte d'eau ou d'encre qui s'accroît à l'extrémité effilée d'un entonnoir. Si l'on ajoute encore de l'eau, à partir d'un certain état de la feuille, il se produit un changement brusque qui correspond à la chute de la goutte. Mais la goutte, dans la bourse de caoutchouc, ne tombe pas, parce que la tension de la feuille de caoutchouc augmente énormément quand elle est étirée. Au contraire, la tension de la surface d'une goutte d'eau reste constante, aussi fortement que cette goutte soit tirée; elle se détache donc dès qu'elle a atteint, grâce à l'eau qu'elle reçoit d'en haut, le volume maximum qui puisse rester suspendu à un tube du diamètre de celui qu'on emploie. On fait repasser la membrane en sens inverse par les formes qu'elle a prises précédemment en siphonnant l'eau qui la charge. »

2° *Étude de la surface de séparation de plusieurs fluides non miscibles au contact* :

L'expérience qui suit, facile à reproduire avec les ressources ordinaires du plus modeste des laboratoires, est tout à fait suggestive. Elle renferme la précédente.

« Dans l'observation des phénomènes que présentent deux liquides au contact, j'ai trouvé très commode d'employer le sulfate de zinc et le sulfure de carbone. On peut donner à la dissolution de sulfate de zinc une densité inférieure égale ou supérieure à celle du sulfure de carbone, et d'autre part donner au sulfure de carbone, au moyen de l'iode, une couleur pourpre plus ou moins foncée qui facilite l'observation de la figure prise par l'un quelconque de ces deux liquides flottant sur l'autre. »

La préparation des trois dissolutions de sulfate de zinc ne présente aucune difficulté. On s'aidera d'un aréomètre de Baumé.

On déposera progressivement, au moyen d'une pipette, du sulfure de carbone à la surface de la dissolution de sulfate de zinc. On obtiendra ainsi, comme surface de séparation, une surface de révolution autour d'un axe vertical et dont la méridienne prend une suite continue de formes. Quelques-unes d'entre elles sont représentées par les

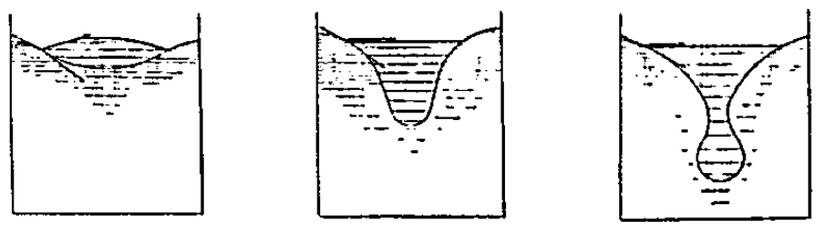


FIG. 1. FIG. 2. FIG. 3.

figures 1, 2, 3. La figure 1 est particulièrement propre à mettre en évidence les angles de raccordement relatifs aux surfaces de séparation des fluides (air, sulfure de carbone, sulfate de zinc) pris deux à deux.

En utilisant la dissolution de sulfate de zinc qui a même densité que le sulfure de carbone et déposant à l'intérieur de sa masse, et toujours au moyen d'une pipette, le sulfure de carbone, on observe la formation d'une belle sphère pourpre à laquelle il est facile de donner un très grand rayon.

Pour un cours, l'emploi d'une cuve à faces parallèles comme récipient et d'une lentille de projection est indiqué. Ces expériences se prêtent à une grande variété et sont fort belles. Elles ont toujours captivé l'attention des élèves [1].

Proposition.

Quelles expériences simples proposez-vous pour établir expérimentalement, et d'une manière directe, que l'énergie cinétique emmagasinée par un corps est proportionnelle au *carré* de la vitesse qui l'anime?

Communiqué par M. A. Guillet.

G. M.

1. On lira avec fruit la conférence de Lord Kelvin (traduite par M. Marcel Brillouin), Gauthier-Villars (Paris).

Revue critique des Travaux scientifiques.

PHYSIQUE

La polarisation des rayons X. — Électro-analyseur.

Tout se transforme avec une vertigineuse rapidité dans le domaine des sciences physiques. Les rayons X qui paraissaient doués de propriétés tout à fait distinctes de celles de la lumière se rapprochent chaque jour davantage de cette dernière forme de l'énergie.

Hier, M. Blondlot établissait que la vitesse de propagation des rayons X est égale à celle de la lumière, aujourd'hui il démontre, par d'ingénieuses expériences, qu'un tel rayon ne possède pas les mêmes propriétés dans tous les plans qui le contiennent. Une pareille particularité de structure avait été observée dès *1678* par l'illustre physicien *Huygens* sur un rayon de lumière qui avait traversé un cristal de *spath d'Islande* et par *Malus* en *1808* sur un rayon lumineux réfléchi par l'une des vitres du Palais du Luxembourg. Il suffit d'obliger ces rayons à traverser à nouveau un spath ou à se réfléchir sur une lame de verre ou d'obsidienne pour voir leur intensité passer par une suite continue de valeurs lorsqu'on fait tourner le second spath autour du rayon, ou lorsqu'on fait varier l'orientation du plan de la seconde réflexion. Mais, et c'est là le fait fondamental, une même intensité se reproduit toujours pour quatre positions disposées symétriquement par rapport à deux plans rectangulaires fixes menés par le rayon. De tels rayons sont dits *polarisés* rectilignement. Ils sont profondément différents des rayons de lumière *naturelle*, c'est-à-dire tels qu'ils sont émis par les flammes, car ces derniers rayons se comportent de la même manière dans tous les plans qui les contiennent.

Tout ce qui permet de polariser un rayon lumineux se nomme *polariseur* et tout ce qui permet de révéler la symétrie d'un rayon polarisé se nomme *analyseur*. Ainsi qu'on a pu le deviner par ce qui vient d'être dit du spath, un même appareil peut jouer alternativement les deux rôles.

Fresnel, qui avait le génie de la mécanique vibratoire, est parvenu à expliquer, et très simplement, tous les faits observés en regardant la vibration de *l'éther* comme s'effectuant suivant une trajectoire rectiligne perpendiculaire à la direction du rayon et contenue dans l'un des deux plans de symétrie du rayon. Les vues de Fresnel, ainsi que les remarquables expériences d'Otto Wiener ont assigné à cette vibration rectiligne une direction perpendiculaire au plan dans lequel se réfléchit sur une lame de verre le rayon polarisé lorsque l'intensité du rayon réfléchi est la plus grande possible. On désigne parfois ce plan sous le nom de *plan de polarisation* du rayon.

Rappelons encore qu'en 1811 *Arago*, auquel la science doit plus d'une pénétrante découverte, reconnut qu'il était facile de faire tourner les plans de symétrie, — ou si l'on préfère, la vibration, — d'un rayon polarisé. Il suffit pour cela de tailler dans l'un de ces magnifiques prismes hexagonaux de quartz naturel, ornements de nos collections, une lame perpendiculaire aux arêtes du prisme et de la placer sur le parcours du rayon. C'est là le phénomène de la *polarisation rotatoire*. L'angle dont tourne la vibration en traversant le quartz varie avec l'épaisseur de la lame et la couleur de la lumière employée. Beaucoup d'autres substances solides ou dissoutes agissent de même sur un rayon polarisé.

M. Blondlot vient d'étendre tous ces phénomènes aux rayons X.

Eux aussi peuvent avoir une symétrie semblable à celle du rayon de lumière polarisé rectilignement.

Eux aussi peuvent subir la polarisation rotatoire.

Et même, particularité qui simplifie l'expérimentation, les rayons X sont polarisés dès qu'ils naissent. La recherche d'un polariseur est ainsi rendue inutile.

Si *l'on fait correspondre* à chaque rayon X considéré à partir de l'anticathode et que nous désignerons par *a*, un rayon cathodique *b*, on définit un plan *ab* (fig. 1) que M. Blondlot a nommé *plan d'action* et qui semble devoir être un plan de symétrie pour les propriétés du rayon *a*. Comment révéler cette symétrie si elle existe? Comment établir un *analyseur* pour rayons X?

M. Blondlot a utilisé dans ce but, l'action exercée par les rayons X sur l'étincelle qui jaillit à la coupure *c* d'un circuit de fils souples et isolés *f*, *f'* dont les extrémités

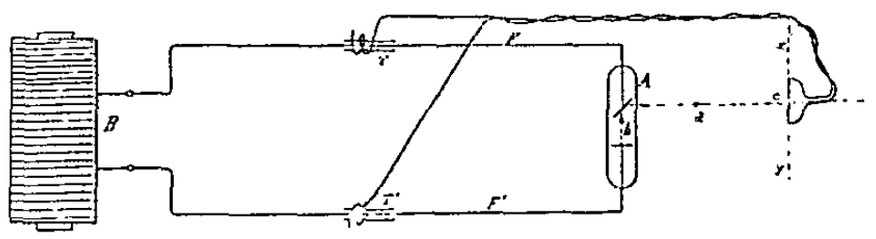


FIG. 1. — POLARISATION DES RAYONS X.

s'enroulent autour des tubes de verre T, T' enfilés sur les fils F, F' qui conduisent au focus A, producteur des rayons X, les décharges d'une bobine de Ruhmkorff (fig. 1).

La ligne *xy* des pointes de la coupure *c*, tout en restant perpendiculaire au rayon *a*, peut tourner autour de ce rayon et être amenée par exemple soit dans le plan *ba*, soit dans une position perpendiculaire à ce plan. Pour la première position, on obtient une étincelle en *c* dont l'éclat est manifestement diminué par l'interposition sur *a* d'une lame de plomb ou de verre. On règle l'expérience de façon que « cette étincelle soit courte et faible ». En amenant progressivement la ligne *xy* à 90° de la précédente position, on voit que la lame de plomb interposée sur *a* agit de moins en moins sur l'étincelle qui éclate en *c*. D'ailleurs l'intensité propre de l'étincelle diminue pendant la rotation. Tout se passe donc, quant au sens du phénomène pendant la rotation de l'étincelle comme pour le faisceau de lumière polarisée pendant la rotation de l'analyseur.

La rotation du focus autour de son axe ne modifie pas la nature du phénomène en *c* tant que des rayons X tombent sur la coupure. En inclinant sur *a*, et dans le plan *ba*, la coupure *xy*, l'effet des rayons X diminue progressivement pour disparaître lorsque la coupure est parallèle au rayon *a*.

En plaçant sur le rayon *a* une lame de quartz, ou simplement un morceau de sucre, rien n'est modifié en *c* au point de vue général, mais le plan d'action *ba* tourne autour de *a* d'un certain angle par rapport à sa première position et dans le même sens que si le rayon *a* était un rayon de lumière polarisée. Les rayons X présentent donc le phénomène de la polarisation rotatoire.

***

L'analyseur à rayons X ne serait-il pas propre à déceler même la symétrie d'un rayon de lumière polarisée? A côté des analyseurs optiques n'y aurait-il pas place pour des analyseurs électriques?

M. Blondlot a vérifié comme il suit l'exactitude de ses prévisions. Substituons à l'ampoule à rayons X un exci-

tateur à pointes d'aluminium et plaçons en dérivation sur la bobine une forte bouteille de Leyde. L'étincelle qui jaillit alors à l'excitateur pourra servir de source lumineuse. Pour polariser la lumière qu'elle émet il suffit de la faire réfléchir sur une lame de verre disposée parallèlement à l'étincelle et à une faible distance (environ 12 mm.) de celle-ci (fig. 2). On peut toujours orienter la lame de façon que le faisceau réfléchi horizontalement par exemple, corresponde à la condition de polarisation maxima.

La coupure *c* de l'analyseur électrique est disposée sur ce faisceau polarisé et perpendiculairement à sa direction. Si l'excitateur est horizontal, le plan de polarisation du rayon lumineux est vertical et, par suite, la vibration de Fresnel est horizontale. En faisant tourner la ligne *xy* de la coupure *c*, et observant l'intensité de l'étincelle

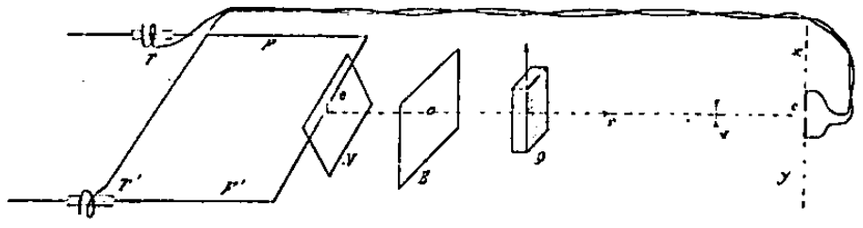


FIG. 2. — ACTION ÉLECTRIQUE DE LA LUMIÈRE POLARISÉE.

en *c*, on reconnaît que celle-ci varie *dans le même sens* que la projection sur *xy* d'un segment de droite horizontal représentant l'amplitude de la vibration du rayon lumineux actif. « La petite étincelle étant d'abord disposée horizontalement, on constate qu'elle est notablement plus brillante et plus blanche lorsqu'elle reçoit le faisceau polarisé, car, si l'on intercepte celui-ci par un écran, on la voit instantanément faiblir et devenir rougeâtre.... Si on dispose la petite étincelle verticalement, elle devient aussitôt plus faible et plus rouge et n'est plus modifiée d'une manière appréciable par l'interposition d'un écran : l'action de la lumière n'existe plus. »

Si l'on fait tourner le plan de polarisation du rayon en plaçant sur sa route une lame de quartz perpendiculaire à l'axe, il faut tourner d'autant, sur l'horizon, la ligne *xy* pour retrouver l'azimut du maximum d'action.

Pour faciliter l'observation de la micro-étincelle *c*, M. Blondlot interpose sur le trajet du faisceau polarisé une lame de quartz *parallèle* à l'axe et faiblement argentée. Les rayons les plus réfrangibles sont ainsi plus spécialement transmis en *c*. En disposant l'axe de la lame verticalement, la lumière reste polarisée rectilignement et la vibration conserve sa direction après la traversée de la lame. Mais si on l'incline sur l'horizon, par exemple de 45° pour exagérer l'effet, les vibrations du rayon deviennent elliptiques au delà de la lame de quartz et sont dès lors sans effet sensible sur l'étincelle quelle que soit son orientation.

N'est-il pas naturel de penser que le maximum d'action sur l'étincelle *c* correspond à la position de l'électro-analyseur pour laquelle la vibration est parallèle à l'étincelle? Le plan perpendiculaire au plan de polarisation devient ainsi le *plan d'action* du rayon polarisé. Et l'on retrouve toujours cette même proposition formulée par Fresnel et par Otto Wiener : la vibration dans un rayon lumineux polarisé est perpendiculaire au plan de polarisation du rayon.

Et encore : la vibration de l'éther pour un rayon X est contenue dans son plan d'action.

M. Blondlot vient d'établir ainsi une relation de plus entre les domaines de l'optique et de l'électricité. Il reste à la généraliser. N'y a-t-il pas en effet, dans toutes ces admirables recherches, une sorte de synchronisme électrique entre les causes et les effets dont il semble prudent de s'affranchir en ces matières d'une si haute portée philosophique, avant de formuler des conclusions définitives?

Mouvements qui animent la décharge électrique à travers les gaz raréfiés.

M. *Th. Tommasina* vient de signaler un mouvement des plus curieux que prend la décharge d'une bobine de Ruhmkorff à travers un gaz raréfié. Le tube employé, de forme cylindrique, avait 60 cm. de longueur et 3 cm. de diamètre. Les électrodes étaient formées, la première par un fil d'aluminium engagé dans un appendice latéral jusqu'à l'axe du tube, et la seconde par un fil portant à son extrémité un disque plan de platine disposé perpendiculairement à l'axe du tube.

Lorsque ce disque sert d'anode, c'est-à-dire de pôle positif, pour la charge induite à la rupture du primaire de la bobine, un point brillant apparaît sur le bord du disque. En approchant un aimant de la tache lumineuse, projetée par le point sur la paroi du tube placée en regard, on voit cette tache tourner dans un sens ou dans l'autre selon le pôle présenté, mais en restant dans un plan parallèle à celui du disque. En augmentant la décharge, la déviation par l'aimant atteignit 180°, parfois même la tache fit un tour complet. Pour une décharge plus intense encore, le point lumineux disparaît, tout le bord du disque gagnant alors en éclat, la tache sur la paroi correspondante se transforme en même temps en un anneau lumineux et les stratifications reprennent leurs caractères habituels. De plus une *rotation intérieure* de la masse luminescente devient parfaitement visible, ainsi qu'une *pulsation longitudinale* moins rapide et moins régulière toutefois que la rotation.

Le point brillant observé à l'anode est sphérique et à contour net, bien qu'un mouvement pulsatoire, qui paraît synchrone avec celui du trembleur, agite toute sa masse.

Chaleur dégagée par le Radium.

On se souvient qu'en 1898 Mme Curie a pressenti l'existence d'un élément nouveau : le *Radium*, dont elle a depuis préparé le chlorure pur et déterminé le poids atomique (225).

Il est assez délicat de séparer le chlorure de radium du sel correspondant de baryum qui l'accompagne toujours, mais la présence du radium dans un corps se révèle par un ensemble de phénomènes fort nets : l'air ambiant devient conducteur de l'électricité, une plaque sensible est impressionnée même lorsqu'elle est protégée par une mince enveloppe opaque, les corps voisins deviennent actifs pour une durée limitée, à la manière du radium lui-même, sous l'influence prolongée de cette substance, le spectre présente une raie caractéristique, etc.

Récemment, M. Curie a fait connaître (Académie des Sciences, 16 mars) une nouvelle et très curieuse propriété du radium qu'il est difficile d'expliquer. Au centre de deux petites ampoules de verre renfermant, l'une un gramme de chlorure de baryum ordinaire, et l'autre un gramme de chlorure de baryum contenant environ un sixième de son poids de chlorure de radium, sont placées respectivement les deux soudures d'un couple thermo-électrique (fer-constantan). Ce couple accuse un excès de température de 1°,5 en faveur de la soudure emprisonnée dans le chlorure actif. La mesure de la quantité de chaleur émise par le chlorure de radium, — réalisée soit par la méthode de substitution, soit par la méthode de fusion de la glace (calorimètre Bunsen), — a montré que 1 gr. de l'échantillon employé dégageait 14 petites calories à l'heure. Un calcul approximatif conduit à fixer à environ 100 petites calories par heure le débit calorifique de 1 gr. de radium.

Cette chaleur provient-elle de « la modification de l'atome de radium lui-même » ou de « l'utilisation par le radium d'une énergie extérieure de nature inconnue »?

A. GUILLET.

BOTANIQUE

Caractères éthologiques appliqués à la classification.

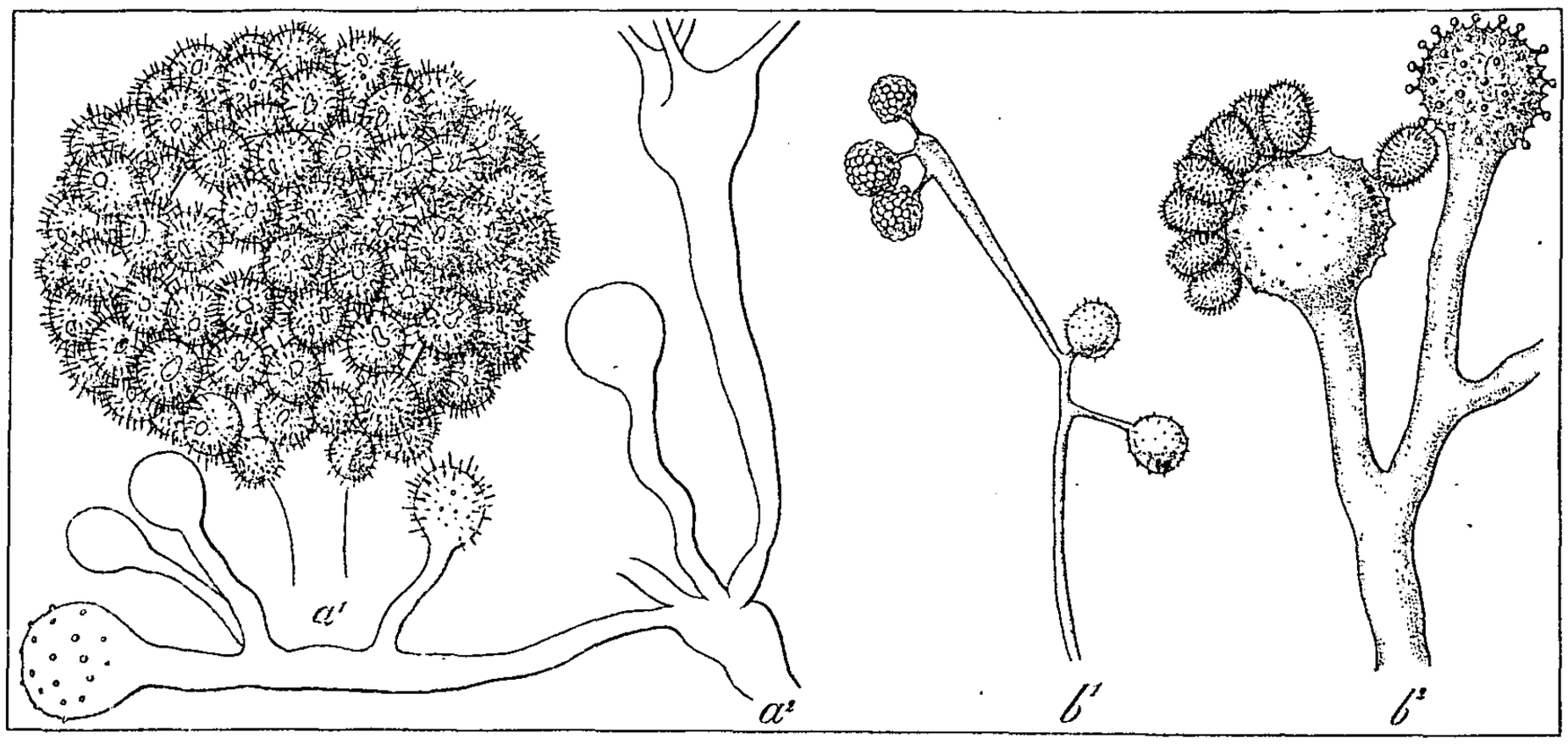
Les botanistes sont le plus souvent très mal armés pour établir les affinités qui existent entre les différents êtres, et il faut bien reconnaître que le sentiment, le flair, si on aime mieux, joue un rôle trop considérable dans l'établissement de ces affinités, qui restent ainsi le plus souvent matière à discussion. Aussi doit-on s'estimer très favorisé quand on arrive, fût-ce pour un groupe limité, à posséder un *réactif* qui permette de distinguer sans hésitation tous les végétaux qui appartiennent à ce groupe. M. Matruchot [1] vient, dans cet ordre d'idées, de trouver la manière de reconnaître à coup sûr toutes les moisissures de la famille des Mucoracées.

Le point de départ de la méthode qu'il a employée a été l'étude d'une moisissure nouvelle, le *Cunninghamella africana*, qui vit en saprophyte sur le crottin de chameau; elle présente comme formes reproductrices des kystes (chlamydospores) et des spores externes (conidies) disposées en grand nombre sur des têtes différenciées à l'extrémité de certains filaments (fig. a_1 et a_2); par l'ensemble de ces caractères le nouveau Champignon vient se placer près des *Œdocephalum* (fig. b_1 et b_2), du moins ceux d'entre eux qui ont, comme le *Cunninghamella*, un mycélium non cloisonné.

Nous ne serions guère plus avancés au sujet de la place que doit occuper, parmi les Champignons, la nouvelle espèce, si nous nous contentions de la rapprocher des *Œdocephalum*, car ces derniers sont eux-mêmes *incertæ sedis*. M. Matruchot a d'autre part été frappé de l'analogie de certains caractères de la moisissure qu'il a étudiée avec ceux des Mucorinées; mais on serait obligé d'admettre, si le rapprochement est exact, qu'on se trouve en présence d'une Mucorinée à qui manqueraient les deux modes de reproduction typiques des végétaux de ce groupe; elle ne présente en effet ni sporanges, ni œufs; les chlamydospores et les conidies qu'elle possède ne se retrouvent au contraire qu'exceptionnellement chez les Mucorinées.

L'auteur a tranché la question en établissant que le *Cunninghamella* est capable de servir d'hôte à une Mucorinée, le *Piptocephalis Tieghemiana*, qui elle même ne saurait se développer sur un hôte appartenant à un autre groupe que celui des Mucoracées, ce dernier groupe constituant une des familles des Mucorinées. Si on essaye de faire germer le *Piptocephalis* sur des Champignons les plus divers autres que des Mucoracées, sur des Myxomycètes, des Entomophthorées, des Péronosporées, des Ascomycètes, des Basidiomycètes et des Mucédinées, toutes les tentatives échouent; le parasite se développe au contraire sur toutes les Mucoracées sans exception. On peut donc affirmer que la condition nécessaire et suffisante pour qu'un Champignon soit une Mucoracée est qu'il puisse servir d'hôte au *Piptocephalis*; or cette condition se trouvant remplie pour le *Cunninghamella*, la position systématique de ce Champignon, et en même temps celle des *Œdocephalum* à mycélium non cloisonné, est établie d'une manière rigoureuse et définitive.

C'est là une première application, tentée avec succès, d'une méthode qui comporte une grande généralité et ne peut manquer d'être féconde.



CUNNINGHAMELLA AFRICANA. ŒDOCEPHALUM.

a_1 et a_2 : *Cunninghamella africana*; a_2 aspect général du Champignon, a_1 tête sporifère, avec de nombreuses conidies, à un plus fort grossissement; b_1 et b_2 : *Œdocephalum* à mycélium continu; b_1 à un faible grossissement, b_2 2 têtes sporifères à un grossissement plus considérable.

1. Une Mucorinée purement conidienne, *Annales Mycologici*, vol. I, nº 1, fév. 1903.

Le zinc est-il un aliment des Mucédinées?

Raulin a publié en 1870 un travail de la plus haute importance sur la nutrition d'une Mucédinée, le *Sterigmatocystis nigra*; les conclusions en sont devenues classiques et on utilise constamment dans les laboratoires le liquide dont Raulin a établi la formule; il comprend tous les éléments utiles au développement du Champignon et dans des proportions telles que le rendement soit maximum; si on examine la liste des corps simples qui entrent dans la constitution de ce liquide on trouve en particulier le zinc; or les recherches relatives aux végétaux supérieurs ont montré que cet élément n'intervenait pas à titre utile dans la nutrition de ceux-ci; d'autre part le zinc n'est que très exceptionnellement dans la nature à la disposition du *Sterigmatocystis* et il peut paraître singulier que la présence d'un tel élément détermine, à une certaine dose, une récolte 10 fois plus grande que celle qu'on obtient avec le liquide qui en est privé.

M. Coupin [1] a repris la question en effectuant des cultures du *Sterigmatocystis* dans des solutions stériles; s'il faisait se développer la moisissure dans le liquide Raulin et dans ce liquide privé de zinc le rendement était identiquement le même, si bien que le zinc n'apparaissait plus comme utile au développement du Champignon.

On ne peut pas d'autre part mettre en doute les résultats obtenus par Raulin et il est très vraisemblable que la divergence des conclusions des deux auteurs est due à ce que Raulin n'opérait pas en milieu stérilisé; le *Sterigmatocystis* ne se développait pas seul dans ses expériences; il avait à lutter contre diverses Bactéries ou d'autres Champignons et c'est dans cette lutte pour l'existence que le zinc, qui n'est d'aucune utilité directe pour le *Sterigmatocystis*, intervenait efficacement, en retardant le développement des autres organismes; il agissait à la façon d'un antiseptique vis-à-vis des êtres qui pouvaient entraver la végétation de la moisissure étudiée.

M. Coupin a montré de même que le fer et le silicium ne sont d'aucune utilité directe dans la végétation du *Sterigmatocystis*.

M. MOLLIARD.

PHOTOGRAPHIE

Les contretypes par surexposition.

Pour certains tirages (procédés au charbon, aux encres grasses, etc.), on a souvent besoin d'avoir un cliché inversé. On appelle contretype la reproduction d'un phototype négatif disposé, si l'on considère le cas des deux *plaques*, en sens inverse du phototype négatif.

On a proposé de nombreuses méthodes pour obtenir de telles copies de clichés.

Celle qui est la plus simple en apparence est la méthode dite par surexposition basée sur l'étude de la solarisation faite par M. Jansenn. Ce savant a montré, vers 1880, que si la durée d'insolation devenait 15 000 fois la durée nécessaire pour enregistrer l'image, on obtenait — soit à la chambre noire, soit par contact — et par le même mode de développement que dans un phototype ordinaire, non pas un négatif, mais un positif de l'image copiée.

L'obtention de contretypes par cette méthode est assez délicate; il arrive souvent qu'au lieu d'obtenir un négatif, on développe un positif; il arrive aussi parfois que la plaque noircit uniformément dans le révélateur. En un mot les résultats obtenus ne sont pas réguliers et la réussite est un effet du hasard.

Aussi nombre d'auteurs ont-ils essayé de préciser les conditions dans lesquelles ils ont réussi : les uns proposent de pousser l'insolation jusqu'au moment où la plaque présente une image visible; d'autres indiquent la nécessité d'une longue pose, une heure au moins, d'autres enfin conseillent d'employer des plaques voilées au préalable.

M. H. Reeb a récemment entrepris une série d'expériences très méticuleuses qui l'ont conduit à donner une méthode d'estimation facile et suffisamment correcte du temps de pose nécessaire pour obtenir sûrement un bon contretype.

D'après lui, il suffit de savoir combien de temps il faut pour produire sur la plaque sensible l'inversion de la

FIG. 1. NÉGATIF ORDINAIRE.

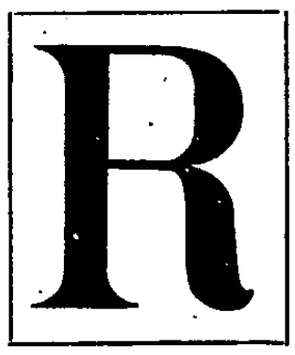


FIG. 2. POSITIF.

FIG. 3. CONTRETYPE.

nature de l'image, à tout moment de l'année, par tous les temps, pour pouvoir estimer facilement le temps de pose. Il suffit, en particulier, de connaître le temps de pose, à la lumière du jour nécessaire pour obtenir sur une plaque sensible exposée derrière un carton opaque percé d'une ouverture circulaire, une image blanche de cette ouverture.

Connaissant en effet ce temps de pose que l'auteur appelle *temps de pose absolu*, il suffit pour avoir le *temps de pose réel* nécessaire pour copier un phototype quelconque de le multiplier par ce qu'il appelle le coefficient du phototype; ce coefficient s'obtient en mesurant le temps nécessaire pour produire, à la lumière du jour, derrière les grandes transparences du phototype, une teinte très légère sur un papier sensible à image apparente, puis de le comparer au temps qu'il faut pour produire la même teinte derrière un simple trou percé dans un carton.

S'il fallait derrière le phototype trois fois plus de temps que derrière le trou, le coefficient du phototype sera 3.

M. H. Reeb a pu donner une table des temps de pose absolus qui ne manquera pas de rendre de grands services à tous ceux qui ont besoin d'exécuter des contretypes. Nous reproduisons cette table, avec les remarques qui l'accompagnent.

Temps de pose absolus, en secondes, pour contretypes par surexposition sur plaques extra-rapides.

Matin : Heures.	11	10	9	8	7
Soir : Heures.	1	2	3	4	5
Janvier, Décembre.	14,0	15,6	»	»	»
Février, Novembre.	12,0	12,8	14,8	»	»
Mars, Octobre	9,6	10,4	12,4	14,8	»
Avril, Septembre.	8,4	9,2	10,8	12,4	14
Mai, Août	8,0	8,4	9,6	11,2	13,6
Juin, Juillet	8,0	8,0	8,8	10,0	12,4

1. *Comptes rendus Acad. Sc.*, 9 fév. 1903.

Nota. — *a*) *En plein soleil*, réduire la pose au quart;
b) *A l'ombre*, par temps clair avec soleil, suivre les indications de la table;
c) *Par temps sombre*, c'est-à-dire si le soleil est caché par de gros nuages sombres, doubler ou tripler la pose;
d) *Par temps couvert et gris*, mais lumineux, c'est-à-dire si le soleil est voilé ou caché par des nuages clairs, augmenter la pose de moitié.

Les chiffres de cette table ne sont exacts que pour Paris. Ils devront être augmentés ou diminués selon la situation géographique de l'endroit.

Exemple : On opère le 20 septembre à deux heures et le phototype à copier a pour coefficient 3.

Pose : $9^{sec},2 \times 3 = 27^{sec},6$
— 28 secondes par ciel *b*,
— 42 secondes par ciel *d*, etc.

La conduite du développement permettra de varier les qualités du contretype. Un développement lent, en bain dilué, donne la douceur; un développement rapide, en bain concentré, donne la fermeté.

La présence de bromure ou d'un autre modérateur est indispensable pour éviter le voile.

Un excellent mode d'opérer consiste à pousser très loin le développement du phototype et à le passer après fixage et lavage dans l'affaiblisseur Farmer.

L'emploi des antihalos est inutile. M. Reeb conseille d'employer un cache pour n'admettre sur la plaque sensible d'autre lumière que celle qui a traversé le phototype à reproduire.

G.-H. NIEWENGLOWSKI.

LE MOUVEMENT SCIENTIFIQUE A L'ÉTRANGER

Nous avons rappelé, à la fin de notre dernier article, le rôle fondamental qu'a conservé dans la physique moderne la conception atomique. Mais, pour répondre à la complexité des nouvelles découvertes, trop simple était une théorie qui ne s'occupait que de la matière. Et qu'ajouter à la matière, si ce n'est ce fluide électrique, dont on ne connaît que le nom et les effets, et qui intervient dans presque tous les domaines de la physique.

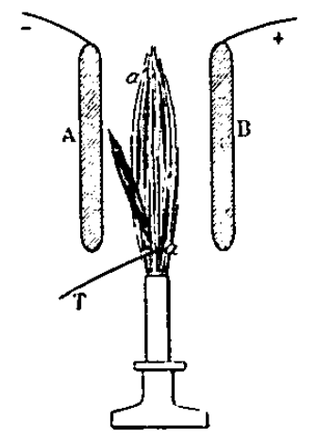
Ionisation des solutions.

L'hypothèse de l'existence de molécules ou atomes chargés d'électricité a été reprise, après bien d'autres, par *Arrhénius*. Le savant suédois a supposé que les corps en dissolution se dissociaient en *ions*, chaque molécule étant décomposée en deux ions également chargés, l'un positivement, l'autre négativement, dont l'ensemble reproduit la molécule neutre. Si nous supposons qu'on crée dans une dissolution ainsi dissociée un champ électrique, en y plongeant deux électrodes, les ions négatifs vont aller sur l'électrode positive ou *anode*, les ions positifs sur la *cathode*. Cette hypothèse explique d'abord complètement les lois de Faraday, puis les phénomènes plus complexes du transport des ions, découverts par *Hittorf*. En effet, les ions se propageront ainsi dans le milieu avec une certaine vitesse, qui sera uniforme, d'autant plus grande que la charge portée par l'ion est plus grande, d'autant plus petite que sa masse est plus grande et la résistance du milieu plus considérable. La vitesse des ions dans l'électrolyse des liquides est d'un ordre très faible, à cause de la résistance considérable du milieu.

D'autre part, les travaux de *Van t' Hoff* ont montré l'analogie profonde, la quasi-identité entre les lois qui régissent les solutions et les gaz. Il est donc logique de penser que cette analogie des résultats est due à une analogie de constitution.

Ionisation des Gaz.

On sait depuis longtemps que les flammes sont conductrices. Voici une expérience simple et facile à répéter de M. *Lénard* qui va nous servir à mettre en évidence beaucoup de curieuses propriétés des flammes. Un bec Bunsen K est placé de façon que sa flamme passe entre deux plateaux A et B, électrisés par une machine à influence, c'est-à-dire créant un champ électrique horizontal. Introduisons dans la flamme, à l'aide d'un fil de platine T, une parcelle de sel marin *a*; la traînée jaune *aa'* qui en résulte, au lieu de monter verticalement, *s'incline vers le plateau négatif*. Cette inclinaison peut être de 45° et plus. Il s'ensuit que la vapeur jaune du sodium est formée d'ions positifs, se déplaçant horizontalement avec une certaine vitesse sous l'action du champ, en même temps qu'ils sont verticalement entraînés à la vitesse des gaz de la flamme.



IONISATION DES FLAMMES.

Ce mouvement d'ions positifs est, comme dans les solutions, corrélatif de la conductivité. Si on mesure la différence de potentiel entre les électrodes A et B, on s'aperçoit qu'elle diminue rapidement dès que le sel est introduit dans la flamme.

Les phénomènes observés sont jusqu'ici identiques à ceux qu'on obtiendrait par dissolution du sel dans de l'eau pure dans laquelle plongeraient les électrodes.

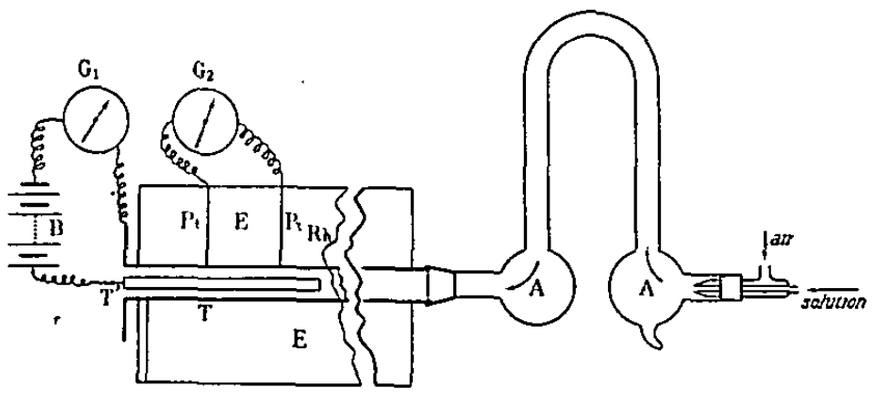
Mais on n'observe *jamais* un mouvement quelconque vers le plateau *positif*, et *aucun réactif* physique ou chimique ne permet de déceler la présence d'un ion *négatif*, ce qui est bien facile à faire dans une électrolyse du sel dissous. Les phénomènes sont donc *unipolaires*.

Électrolyse des vapeurs de sels alcalins.

Il était cependant intéressant de savoir si, dans des conditions déterminées, l'analogie avec l'électrolyse des solutions ne deviendrait pas plus complète. C'est ce qui a poussé M. *Wilson* à étudier dans un large intervalle de température l'électrolyse des vapeurs de sels alcalins.

Son appareil se composait d'un pulvérisateur de Gouy AA qui envoyait la solution saline vaporisée

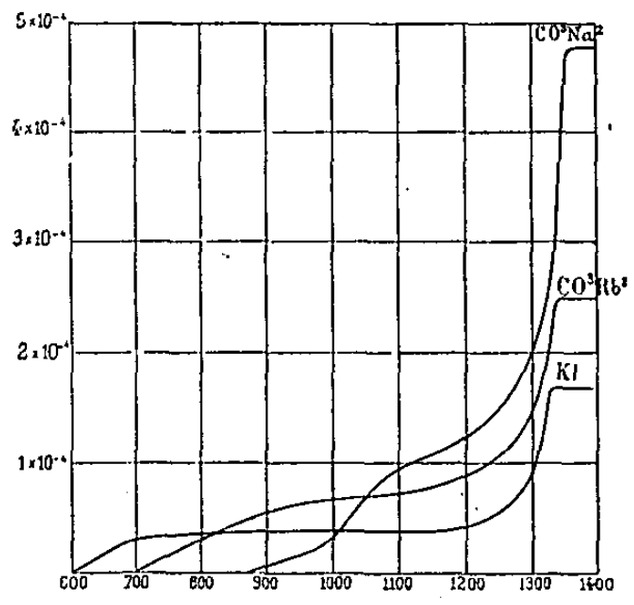
dans le tube de platine T, chauffé dans un fourneau EE. Ce tube constituait l'une des électrodes, l'autre étant un tube concentrique T'. Ces deux



APPAREIL DE M. WILSON.

électrodes étaient réunies à une batterie B par l'intermédiaire d'un galvanomètre G_1. La plus légère conductivité de la vapeur saline dans le tube T était mesurée par la déviation de ce galvanomètre. Enfin au tube T était soudés deux fils, l'un de platine, l'autre de platine rhodié, réunis au galvanomètre G_2, de sorte que le tube formait un couple thermo-électrique et mesurait ainsi sa propre température.

M. Wilson a opéré jusqu'à 1 400°. Les résultats



COURBES REPRÉSENTANT LE DEGRÉ DE DISSOCIATION ÉLECTROLYTIQUE DE DIVERS SELS ALCALINS.

sont représentés par les courbes ci-dessus, où sont portées en abscisses les températures et en ordonnées les intensités du courant mesurées en ampères par le galvanomètre G_1. On voit que ces intensités vont en augmentant suivant une loi très complexe jusque vers 1 350°, et qu'à partir de cette température elles sont *constantes* jusqu'à 1 400°. Il est regrettable que les expériences n'aient pu être poussées plus haut. En tout cas, il semble qu'on ait atteint dans cet intervalle 1 350°-1 400°, une sorte de dissociation maxima, une *saturation* de la vapeur en ions : et, résultat des plus importants, *les lois de Faraday sur l'électrolyse sont alors rigoureusement vérifiées.* Malheureusement, nous ne pouvons pas savoir par ce procédé ce que deviennent les ions sur les électrodes.

Rayons cathodiques et Rayons-canal.

Mais une objection très forte à l'hypothèse d'une véritable électrolyse se trouve enfin dans le fait que les gaz ou vapeurs *chimiquement simples*, et même *monoatomiques*, s'ionisent par la chaleur en présentant des phénomènes analogues à ceux que nous venons de décrire et également *unipolaires*. En diminuant la pression de ces gaz, on modifie la résistance du milieu, et par suite on change les phénomènes : on obtient alors, à la *température ordinaire*, des ions négatifs et positifs, que nous appellerons *électrons* pour les différencier des ions électrolytiques. Considérons, par exemple, un tube T, dont le milieu est occupé par une feuille d'aluminium percée de trous C servant de cathode. Quand le vide atteint 0 mm. 1 de mercure, la cathode émet, *du côté de l'anode* A, des *rayons cathodiques*, et du *côté opposé*, des *rayons-canal*.

La constitution des rayons cathodiques est aujourd'hui à peu près éclaircie : ils sont constitués par des *électrons négatifs*, animés d'une vitesse considérable, de l'ordre du dixième de celle de la lumière, ce qui n'est pas étonnant vu la faible résistance qu'ils éprouvent de la part du milieu, et la grandeur de leur *charge spécifique* (rapport de la charge à la masse) qui est 1000 fois plus grande que la charge spécifique de l'ion hydrogène dans l'électrolyse : comme les charges en valeur absolue de l'ion et de l'électron paraissent être les mêmes, il s'ensuit que *la masse de l'électron négatif est mille fois plus petite que celle de l'atome d'hydrogène*. Enfin, ces résultats sont *indépendants de la nature du gaz*. Au sujet des rayons-canal, on est beaucoup moins avancé. Ces rayons sont formés d'*électrons positifs*. M. *Wien* a montré récemment que leur charge spécifique *dans l'hydrogène* est du même ordre que la charge spécifique de l'ion hydrogène dans l'électrolyse, c'est-à-dire 10^4 unités électromagnétiques C. G. S. En opérant au contraire dans l'*oxygène soigneusement desséché*, M. Wien trouve pour la charge spécifique une valeur voisine de 750; ces faits nous portent à conclure que *la masse de l'électron positif doit être de l'ordre de celle de l'atome.*

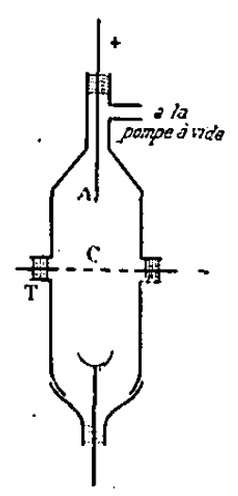


SCHÉMA D'UN APPAREIL PRODUISANT DES RAYONS CATHODIQUES ET DES RAYONS-CANAL.

L'expérience montre enfin que les vitesses des ions positifs et négatifs dans les flammes sont très différentes, et que les actions chimiques des deux espèces d'électrons sont très distinctes.

Il semble donc en résulter que, quel que soit leur mode de production, les électrons positifs d'une part, négatifs de l'autre, ont des *caractères communs*. Les premiers paraissent avoir une masse de l'ordre de celle de l'atome, et par suite conservent les propriétés physiques et chimiques que nous sommes habitués à voir à l'atome. Les autres ont une masse un millier de fois plus faible, et par suite ne peuvent plus être mis directement en évidence. Ils constituent un quatrième état de la matière, l'état *corpusculaire*.

Ces résultats paraîtront encore très vagues; mais l'histoire a bien des fois prouvé que la science savait tirer de l'inconnaissable complexité des phénomènes la simplicité féconde des idées.

CH. LEENHARDT.

Bulletin Météorologique.

Février 1903.

Le mois de février ne nous aurait pas laissé un trop mauvais souvenir, sans les bourrasques des derniers jours. Jusqu'au 24, il n'avait plu, en effet, que cinq fois à Paris, et la quantité totale d'eau recueillie pendant le mois, 8 mm. 5, est bien inférieure à la normale. Le mois a été relativement doux; sa moyenne thermique, 6°,1, n'a été dépassée que quatre fois depuis 1873. Un fait à noter, c'est qu'il n'a pas neigé en février, de telle sorte que depuis le 1er décembre, c'est-à-dire pendant toute la période qui constitue l'hiver météorologique, il n'est pas tombé de neige, du moins en quantité appréciable. Mais la dernière semaine a été marquée par une série de bourrasques très violentes, qui ont sévi particulièrement sur l'ouest et le nord de la France, les îles Britanniques, les Pays-Bas et la mer du Nord.

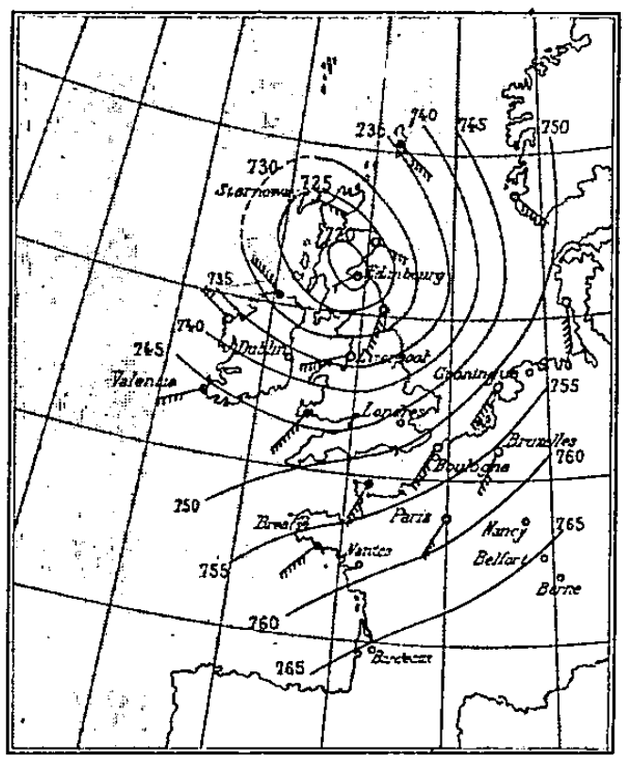
Le mauvais temps a commencé le 21; à cette date, en effet, on signale déjà des vents forts sur la Manche, et un vent très fort, ce que les marins désignent par le terme de *coup de vent*, au cap Gris-Nez; la mer était grosse à la pointe de la Bretagne.

A partir du 22, sauf quelques accalmies de courte durée, la mer devient de plus en plus mauvaise, et le vent souffle avec une violence croissante jusqu'aux 27 et 28, où la bourrasque s'étend sur tout le pays : Le 28, le vent souffle en tempête du sud-ouest sur le littoral de la Bretagne, où la mer est démontée; il est violent en Gascogne ainsi qu'à Nantes, au Mans, à Clermont, à Besançon. A Paris, on observe des coups de vent dont la vitesse moyenne atteint 18 mètres par seconde au sol, et 39 mètres au sommet de la tour Eiffel.

Cette tempête a causé de nombreux accidents et des dégâts importants dans tout le pays, et l'on a eu à déplorer plusieurs sinistres sur nos côtes, entre autres le naufrage, à trois milles à l'ouest d'Audierne, du steamer anglais *Ottercaps*, dont tout l'équipage a péri. Nous n'entrerons pas d'ailleurs ici dans le détail de ces faits, toutes les informations ayant déjà été publiées sur ce sujet par la presse quotidienne.

Ces mauvais temps accompagnent généralement le passage de dépressions barométriques; c'est ce qui s'est produit à la fin de février. Le baromètre est resté élevé dans le sud de l'Europe, tandis que des dépressions, quelques-unes très profondes, passaient sur les îles Britanniques. La figure ci-contre donne une bonne illustration de cette distribution des pressions. On voit que le 27 février, à 7 heures du matin, le baromètre dépassait 765 mm. sur l'Espagne et le sud-est de la France. En Écosse, le baromètre marquait à la même heure 718 mm. 8 à Édimbourg, qui se trouvait à peu près au centre de la dépression. Autour de ce point, les lignes où la pression barométrique est la même, courent à peu près circulairement, le vent tourne également autour de ce minimum, en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre. C'est ce qu'on appelait autrefois une *tempête tournante*, le vent formant, autour du minimum barométrique, un mouvement tourbillonnaire analogue à ceux que l'on peut voir à la surface des rivières.

La vitesse du vent dépend de la profondeur de la dépression et de l'écartement plus ou moins grand



LA TEMPÊTE DU 27 FÉVRIER 1903.

o, temps couvert; *o*, pluie. Les flèches donnent la direction du vent et le nombre de pennes en indique la force : 5 pennes, vent très fort; 6, vent violent; 7, tempête.

des lignes d'égale pression. Lorsque celles-ci sont assez écartées, le vent est modéré; lorsque, au contraire, elles sont très serrées, comme dans notre carte, le vent atteint une très grande violence.

Les dépressions viennent de l'Atlantique et suivent une direction comprise généralement entre le nord-est et le sud-est; c'est ce qui est arrivé pour la bourrasque du 27 février qui atteignait, le lendemain, le sud de la Norvège.

Les autres dépressions qui ont précédé ou suivi celle-là, ont parcouru à peu près la même route, et c'est à leur succession rapide qu'est due la continuité du mauvais temps sur l'ouest de l'Europe.

Notons qu'à cette époque de l'année, les bourrasques ne sont pas rares. En 1900, du 11 au 24 février, une tempête aussi violente que celle du mois dernier a sévi sur nos régions.

CH. GOUTEREAU,
Météorologiste au Bureau Central.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

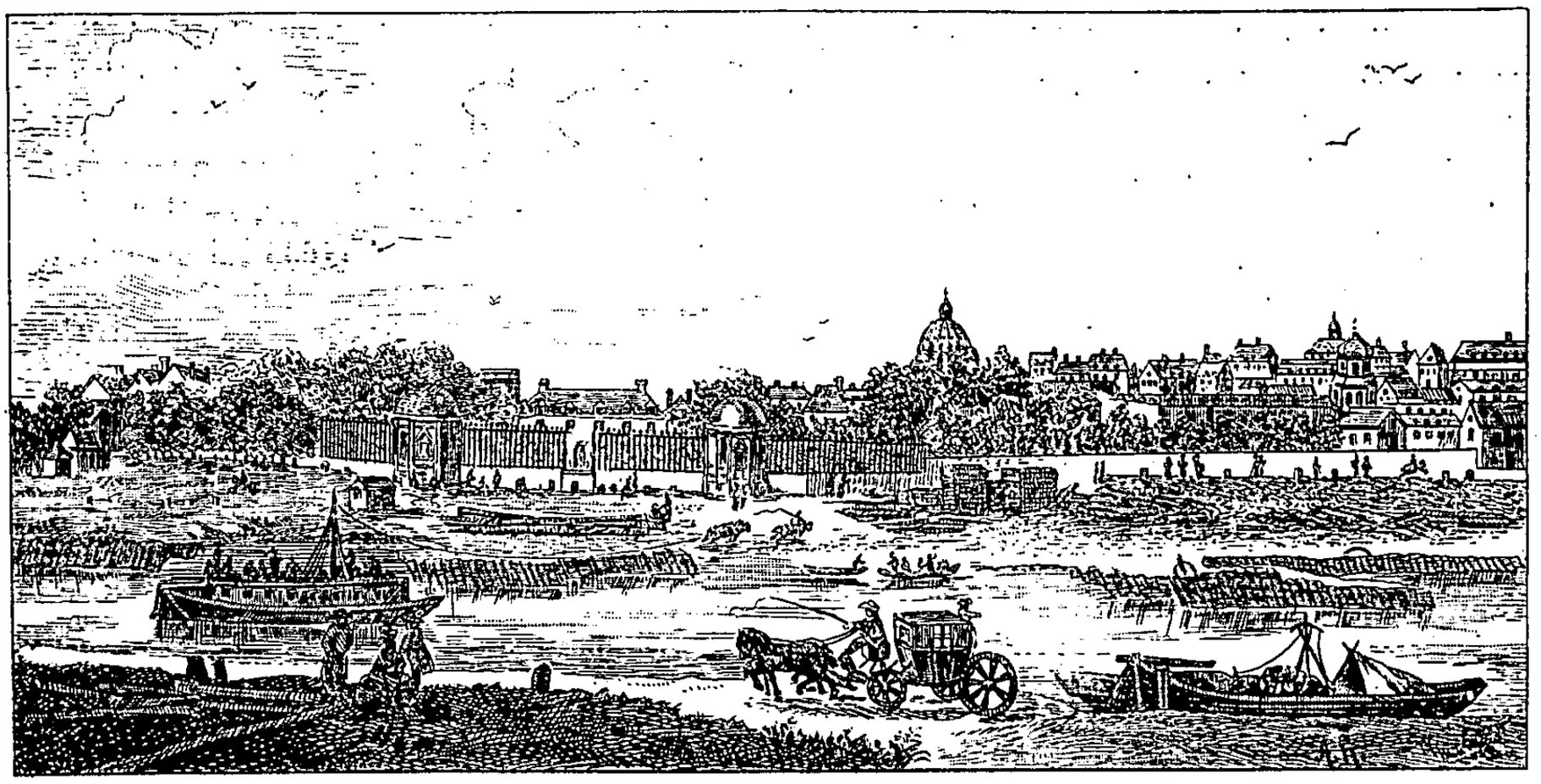


FIG. 1. — VUE DU JARDIN DU ROI DU COTÉ DE LA RIVIÈRE, EN FACE L'ARSENAL.

ÉTABLISSEMENTS SCIENTIFIQUES

LE MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE AVANT LA RÉVOLUTION.

Il y a deux cent soixante-seize ans passés — presque trois siècles — que des lettres patentes du roi Louis XIII décidèrent la création, dans la banlieue de Paris, d'un *Jardin royal des plantes médicinales* [1], et deux cent soixante-sept ans qu'un édit royal daté de Saint-Quentin [2] fixa au faubourg Saint-Jacques, sur des terrains acquis d'un ancien greffier criminel du parlement, nommé Voisin, l'emplacement du nouvel établissement scientifique.

Le Jardin des plantes médicinales devait avoir pour surintendant le premier médecin du roi, alors Hérouard; son personnel devait comprendre un *intendant*, trois *démonstrateurs et opérateurs pharmaceutiques* choisis parmi les docteurs les plus capables de l'Université de Paris, et un *sous-démonstrateur*, « attendu, dit l'édit royal, que l'on n'enseigne point dans Paris, non plus qu'ès autres écoles de médecine du royaume, à faire les opérations de pharmacie; d'où provient une infinité d'erreurs des médecins en leur pratique et ordonnance et d'abus des apothicaires, leurs ministres en exécution d'icelles, à la ruine de la santé et de la vie de nos sujets ». Les trois démonstrateurs devaient « faire la démonstration de l'intérieur des plantes et travailler en toutes opérations pharmaceutiques, tant ordinaires que chimiques, jugées nécessaires pour instruire les escholiers, de tout point, en la science et opération manuelle de pharmacie ».

Le sous-démonstrateur était chargé de démontrer l'extérieur des plantes. On devait aussi conserver « un échantillon de toutes les drogues, tant simples que composées, ensemble toutes choses rares en la nature qui sè rencontreront pour servir de règles en toutes autres et y avoir recours en cas de besoin ».

Le Jardin des plantes médicinales devait donc être, au début, en même temps qu'un musée, une véritable école pratique de pharmacie, indépendante de la Faculté de Médecine. C'est cette indépendance qui décida de son avenir.

Hérouard était mort en 1628, entre les lettres patentes de 1626 et l'édit de 1635. Il avait eu le temps de nommer intendant [1] Guy de Labrosse, médecin ordinaire du roi, qui avait été l'instigateur de la création nouvelle et qui en fut l'organisateur intelligent, instruit et dévoué, après que Bouvard, successeur d'Hérouard, eut obtenu l'achat des terrains nécessaires.

1. Janvier 1636; enregistrement du 6 juillet de la même année.
2. Mai 1635; enregistrement du 16 mai.

1. 7 août 1626.

Le Jardin des plantes médicinales de Paris n'était pas le premier en date. Padoue, Bologne, Pise, Montpellier, Leyde avaient été dotés déjà d'institutions de ce genre.

A Paris même, sur l'emplacement de la place Dauphine actuelle, Jean Robin avait créé un jardin botanique renommé.

Mais, remarque Guy de la Brosse, « comparant notre Jardin à ces autres, ils ne paroissent que des jardinets... et outre les avantages de grandeur, de construction, de disposition, de solage, d'édifices et de grand nombre d'espèces de plants, et de chacun des usagiers grande quantité, ce qui a adjousté M. Bouvard, premier médecin de Sa Majesté très chrétienne et sous-intendant de nostre jardin, est bien de tout autre prix. Car... considérant que cette simple édification n'était pas capable de remettre la Médecine, tendante à son penchant, et qu'il y fallait d'autres pièces, il avisa d'y établir trois docteurs pour y enseigner les vertus des plantes selon leurs divers usages et préparations, tant ordinaires que chimiques, une officine pour ce dessein, un sous-démonstrateur des plantes, et autres officiers grandement utiles et nécessaires à son louable dessein. Ce sont des avantages qui ne se trouvent pas ailleurs, ce sont des biens que l'on ne trouvera pas autre part, aussi ce sont les pièces après sa grandeur, disposition et beauté qui le doivent faire estimer par toutes les nations civiles et curieuses des belles et bonnes choses [1] ».

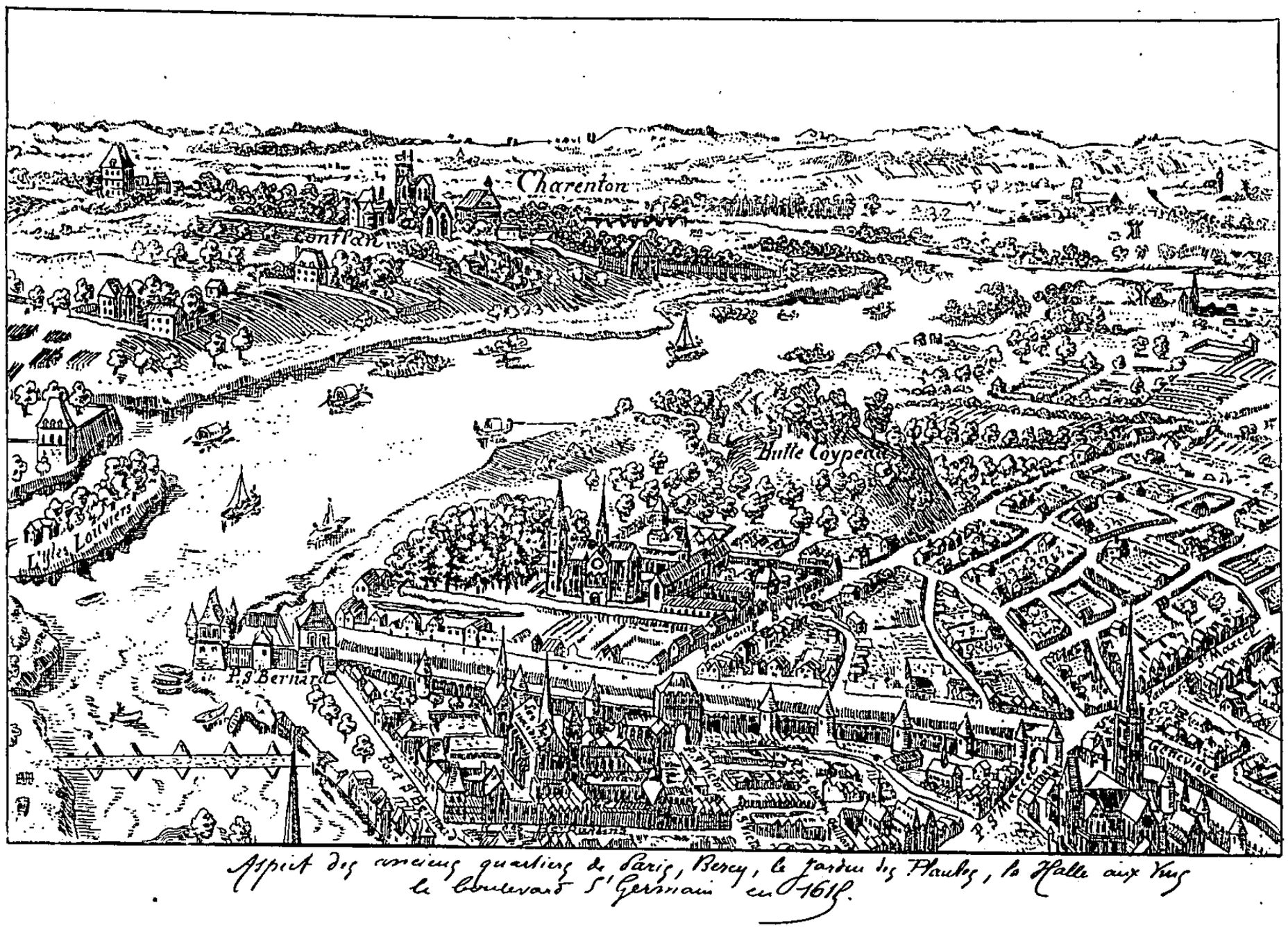
Ce que Guy de la Brosse considérait comme la véritable originalité de sa création et ce qui en est demeuré le caractère propre et unique jusqu'à nos jours, c'était déjà la *juxtaposition* de collections importantes et d'un enseignement basé sur ces collections, donné par les hommes qui, les ayant formées, étaient le mieux en état de les mettre en œuvre; cette union entre les collections et le savant est nettement exprimée par le titre de *démonstrateur* donné à ce dernier. Les premiers démonstrateurs furent trois médecins ordinaires du roi : Jacques Cousinot, Urbain Boudineau et Cureau de la Chambre; le sous-démonstrateur : Vespasien Robin, fils de Jean Robin, le créateur du jardin de l'île Notre-Dame. Leur enseignement devait porter sur la botanique et la chimie; les choses furent menées avec tant d'activité qu'en 1636, Guy de la Brosse publiait un catalogue de 1 800 plantes indigènes ou exotiques cultivées dans son jardin; il ouvrait son cours en 1640, publiait en 1641 un second catalogue de 2 360 sortes de plantes; mais il mourait, à cinquante-cinq ans, le 31 août de la même année [1]. L'édit de 1635 lui donnait pour survivancier Michel Bouvard de Fourqueux, fils du premier médecin. Ce dernier, en 1643, à la mort de Louis XIII, se démit de ses fonctions en faveur de son gendre Jacques Cousinot, qui, de démonstrateur, devint ainsi surintendant; mais Cousinot mourut trois ans après et fut remplacé par Vautier, qui substitua à l'ancien enseignement un simple cours d'anatomie humaine dont il chargea Cureau de la Chambre. Vautier mourut en 1652. Son successeur, Vallot, trouva pratique de planter en vignes le vaste terrain accaparé jusque-là par d'improductives simples. Colbert, malheureusement, ne lui laissa pas le loisir de faire de nombreuses vendanges; il fit arracher les vignes, et Vallot, vertement averti, se décida à restaurer le Jardin des Plantes médicinales. Lorsque Vespasien Robin mourut, il le remplaça par Denis Joncquet, médecin de la Faculté de Paris, qui avait un jardin botanique à Saint-Germain des Prés; lui adjoignit un jeune étudiant, Guy-Crescent Fagon, neveu, par sa mère Louise de la Brosse, de Guy de la Brosse, et, en 1665, pour récompenser les deux collaborateurs de leur brillante activité scientifique, il nomma Fagon démonstrateur de chimie et Joncquet démonstrateur de l'extérieur des plantes; à la mort de Joncquet, Fagon réunit les deux chaires. Entre temps, Colbert avait acheté, de l'héritage de Gaston d'Orléans (1666), une collection de vélins dus au peintre Robert et représentant les plantes les plus curieuses du Jardin botanique que le prince avait établi au château de Blois. Robert fut chargé de peindre de même les plantes du Jardin royal; ainsi fut commencée la collection libre des *Vélins du Muséum* continuée par Joubert, Aubriet, Madeleine, Basseporte, Van Spaendonck, etc.

Cureau de la Chambre et Vallot moururent en 1671. A ce moment Colbert évoqua pour le premier ministre la surintendance du Jardin des plantes ainsi que l'administration des fonds, et le nouveau premier médecin du roi, Daquin, prit simplement le titre d'intendant.

1. *Description du Jardin royal des plantes médicinales*, estably par le Roy Louis-le-Juste à Paris, contenant le catalogue des plantes qui sont de présent cultivées, ensemble le plan du jardin par Guy de la Brosse, médecin ordinaire du Roy et intendant du dit jardin. — Paris, 1636. Environ 2400 espèces y sont déjà réunies.

1. Il fut enterré dans la chapelle du château Voisin où il reposa jusqu'en 1797 dans un caveau ignoré de tous. En démolissant la chapelle, on trouva, écrite au charbon sur la muraille, de la main de sa sœur Louise de la Brosse, cette touchante épitaphe : *Guy de la Brosse — dont la mort me comble d'ennui — si son corps est couvert — de terre — j'espère que son nom — ne le sera — ne le sera jamais d'oubli.* LOUISE DE LA BROSSE.

C'était encore trop. En bon neveu de Vallot qu'il était, Daquin, n'ayant plus l'administration des fonds, vendit les charges dont il avait conservé la nomination et fit reconnaître aux démonstrateurs par le roi le droit de faire des opérations chirurgicales, dissections et démonstrations anatomiques, et celui de réclamer les premiers, avant même le doyen de la Faculté de médecine, le corps du supplicié. Le Jardin des Plantes ajoutait ainsi à son caractère pharmaceutique



Aspect des anciens quartiers de Paris, Bercy, le Jardin des Plantes, la Halle aux Vins et le Boulevard St Germain en 1615.

FIG. 2.

premier médecin du roi en remplacement de Daquin disgracié, devenait par cela même intendant du Jardin des Plantes. Chargé d'occupations multiples il appela près de lui, comme secrétaire, Sébastien Vaillant, élève de Tournefort, qui devait s'illustrer par la découverte de la sexualité des organes floraux (1714), et à qui l'on doit la construction des deux premières serres chaudes du Jardin des Plantes (1714 et 1717) ainsi que l'aménagement du premier amphithéâtre du Jardin, qui pouvait contenir 600 personnes. Fagon avait créé pour lui un poste de directeur des cultures. Cependant, après s'être fait suppléer successivement par Saint-Yon, Lémery et Berger dans sa chaire de chimie, le surintendant cédait définitivement cette chaire à Geoffroy en 1712. Blessé rue Saint-Victor par un essieu de voiture qui l'avait comprimé contre un mur, Tournefort était mort en 1708, des suites de sa blessure, léguant son herbier et toutes ses collections au Jardin. Ce legs créait au Jardin un véritable *cabinet d'histoire naturelle*, comme on disait alors. Sébastien Vaillant ajoute à son titre de directeur des cultures celui de *garde du cabinet*; tandis que Fagon, après un intervalle d'un an

un caractère nettement médical. Heureusement, en 1679, Duverney, à peine âgé de vingt-huit ans, obtint de Daquin la place de démonstrateur d'anatomie. Le Jardin des Plantes eut alors comme démonstrateurs deux hommes de premier ordre, Fagon et Duverney, qui le placèrent par leur enseignement au premier rang des établissements scientifiques. Devenu à son tour premier médecin de la reine, Fagon dut se faire suppléer dans ses deux chaires depuis 1680 jusqu'en 1683, époque à laquelle, ayant fait venir de Montpellier Joseph Pitton de Tournefort, il se démit de sa chaire de l'extérieur des plantes en faveur de ce jeune homme qui devait devenir un botaniste célèbre. Dix ans après, Fagon, nommé

où la chaire fut occupée par Danty et Isnard, appelait Antoine de Jussieu à la succession de Tournefort (1709); Antoine de Jussieu n'avait encore que vingt-trois ans, et son frère Bernard, qu'il associa dès lors à ses travaux, dix-sept seulement. Ainsi Fagon avait eu la gloire d'attirer au Jardin des Plantes Lemery, Geoffroy, Vaillant, Tournefort, les de Jussieu, qui avaient valu à l'établissement du faubourg Saint-Victor une réputation nouvelle. A la mort de Louis XIV, il vint lui-même, gardant seulement la surintendance du Jardin, se retirer dans cette maison de Guy de la Brosse où il était né, et où il mourut le 11 mars 1718, âgé de quatre-vingts ans. Poirier, son successeur au poste de premier médecin, mourut peu de jours après lui, et à sa mort les deux postes de premier médecin du roi et d'intendant du Jardin des Plantes furent de nouveau séparés. Ce dernier échut à Chirac, premier médecin du duc d'Orléans.

Avec lui revinrent les mauvais jours de Vautier et de Daquin. On lui avait rendu la libre disposition des 21500 livres de dotation du Jardin des Plantes; il s'en attribua la plus grande partie, laissant les démonstrateurs sans subsides, les bâtiments sans réparations, les jardins sans culture. Quatre ans après sa nomination, Sébastien Vaillant mourut, désignant Bernard de Jussieu pour lui succéder comme directeur de la culture, sous-démonstrateur de botanique et garde du cabinet, que l'addition des collections de Fagon et de Vaillant allaient rendre de plus en plus important. Ce fut au dévouement des deux de Jussieu que le jardin dût à ce moment de ne pas tomber en ruines. Antoine de Jussieu, qui avait une assez belle clientèle de médecin, entretint, pour ainsi dire, les cultures de ses deniers. La leçon parut cuisante à l'intendant, qui chercha à se débarrasser des deux de Jussieu, mais ne put y parvenir, les officiers du Jardin étant commissionnés par le roi depuis l'édit de Colbert; à la mort de Vallot, Chirac imagina alors contre ses collaborateurs des règlements draconiens; il enleva à Bernard de Jussieu la garde du *cabinet d'histoire naturelle*, qu'il désigna le premier sous ce nom et qu'il confia, d'ailleurs, à deux médecins distingués, Noguez et Demours. Duverney professait encore l'anatomie, c'est seulement en 1726 qu'il se fit suppléer par Winslow, son élève; il mourut en 1730, âgé de quatre-vingt-deux ans, léguant à l'Académie des Sciences sa collection de squelettes. En 1732, Chirac mourut à son tour.

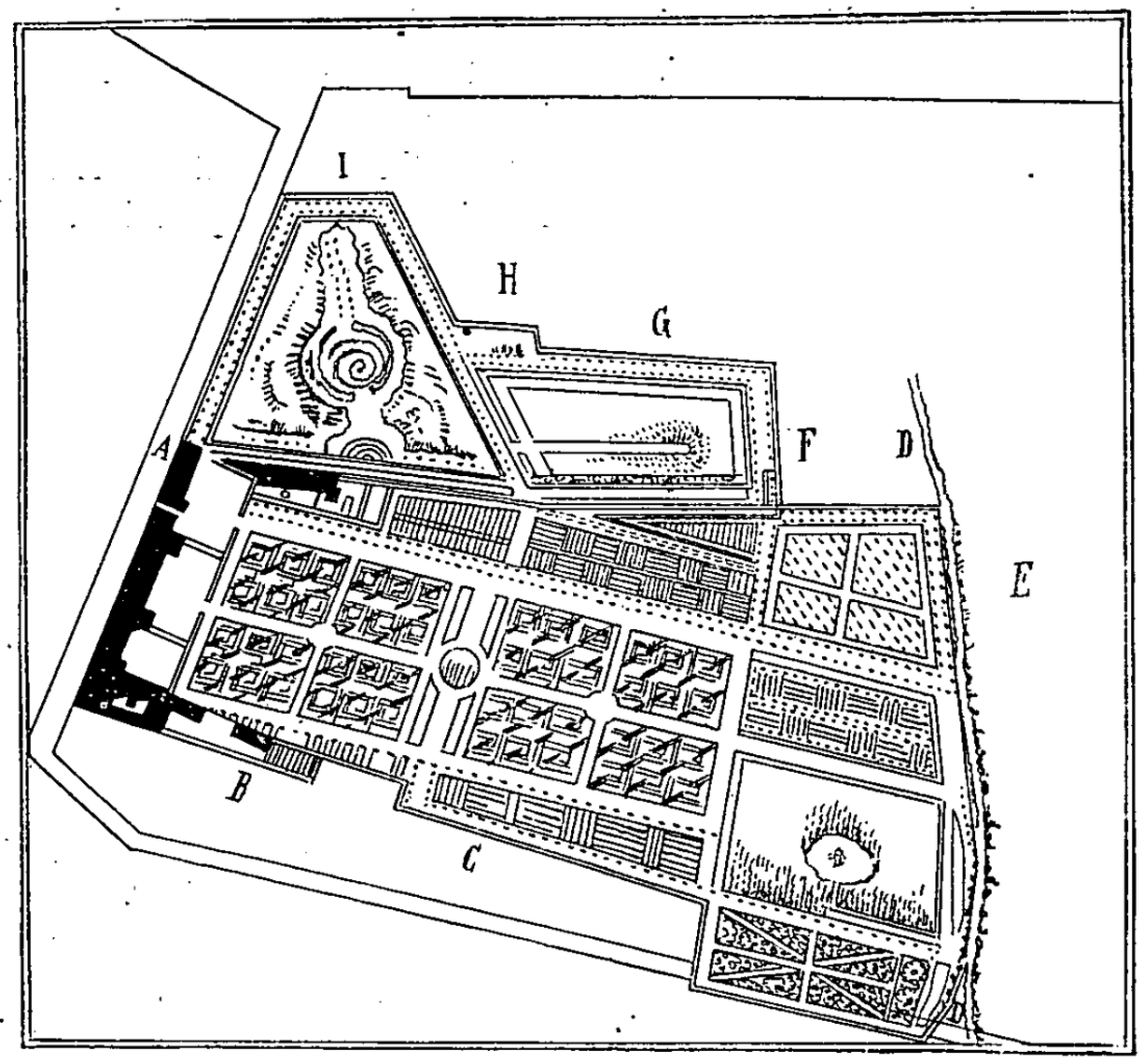


FIG. 3. — MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE EN 1640.

A. Rue du Jardin. — B. Rue du Petit Gentilly. — C. Clos Patouillet. — D. Rivière de Bièvre. — E. Marais et chantiers, — F. Marais de Seine. — G. Hôtel Nauvray. H. Nouveaux convertis. — I. Maisons près la Pitié.

Au cours de son administration, qui aurait été néfaste si, malgré lui, Geoffroy, Duverney, les deux de Jussieu n'avaient maintenu la gloire de la maison, le Jardin entra dans une voie dans laquelle il devait bientôt rendre les plus signalés services. Le café venait d'être introduit d'Arabie dans les îles de la Sonde. Des plants en furent envoyés de Batavia à Amsterdam et à Paris. Celui de Paris étant mort, le bourgmestre d'Amsterdam en envoya à Louis XIV un nouveau qui fut confié à Antoine de Jussieu: L'éminent botaniste réussit à le multiplier et, en 1720, en confia une bouture au chevalier Desclieux pour la transporter à la Martinique. La traversée fut assez accidentée pour qu'il devînt nécessaire de rationner l'eau aux passagers. Desclieux partagea héroïquement sa part avec

le jeune caféier qui arriva sain et sauf à destination. Il fut l'origine des plantations de café qui ont enrichi les Antilles. Ce fut la première œuvre coloniale du Jardin des Plantes; elle remonte à près de deux siècles.

Les Vautier, les Vallot, les Daquin, les Chirac avaient suffisamment démontré la parfaite inaptitude des premiers médecins du roi à conduire une œuvre scntifique. On pensa, à la mort de Chirac, qu'il convenait de charger un pur savant de l'intendance d'un établissement qui devenait de plus en plus exclusivement scientifique ; on choisit un jeune membre de l'Académie des sciences, Charles-François de Cisternai du Fay, qui devait s'illustrer en imaginant la féconde théorie des deux électricités [1].

Du Fay n'était pas encore botaniste « comme MM. de Jussieu », dit Fontenelle, « mais il le devint bientôt avec eux autant qu'il était nécessaire. L'Angleterre et la Hollande ont chacune un Jardin des Plantes, M. du Fay fit ces deux voyages, et celui d'Angleterre avec M. de Jussieu le cadet, pour voir des exemples, et prendre des idées dont il profiterait, et surtout pour lier avec les étrangers un commerce de plantes. D'abord, ce commerce était à notre désavantage; nous étions dans la nécessité humiliante ou d'acheter, ou de recevoir des présents, mais on en vint, dans la suite, à faire des échanges avec égalité, et même enfin avec supériorité. *Une chose qui y contribua beaucoup, ce fut une autre correspondance établie avec des médecins ou des chirurgiens qui, ayant été instruits dans le Jardin par MM. de Jussieu, allaient de là se répandre dans nos colonies.*

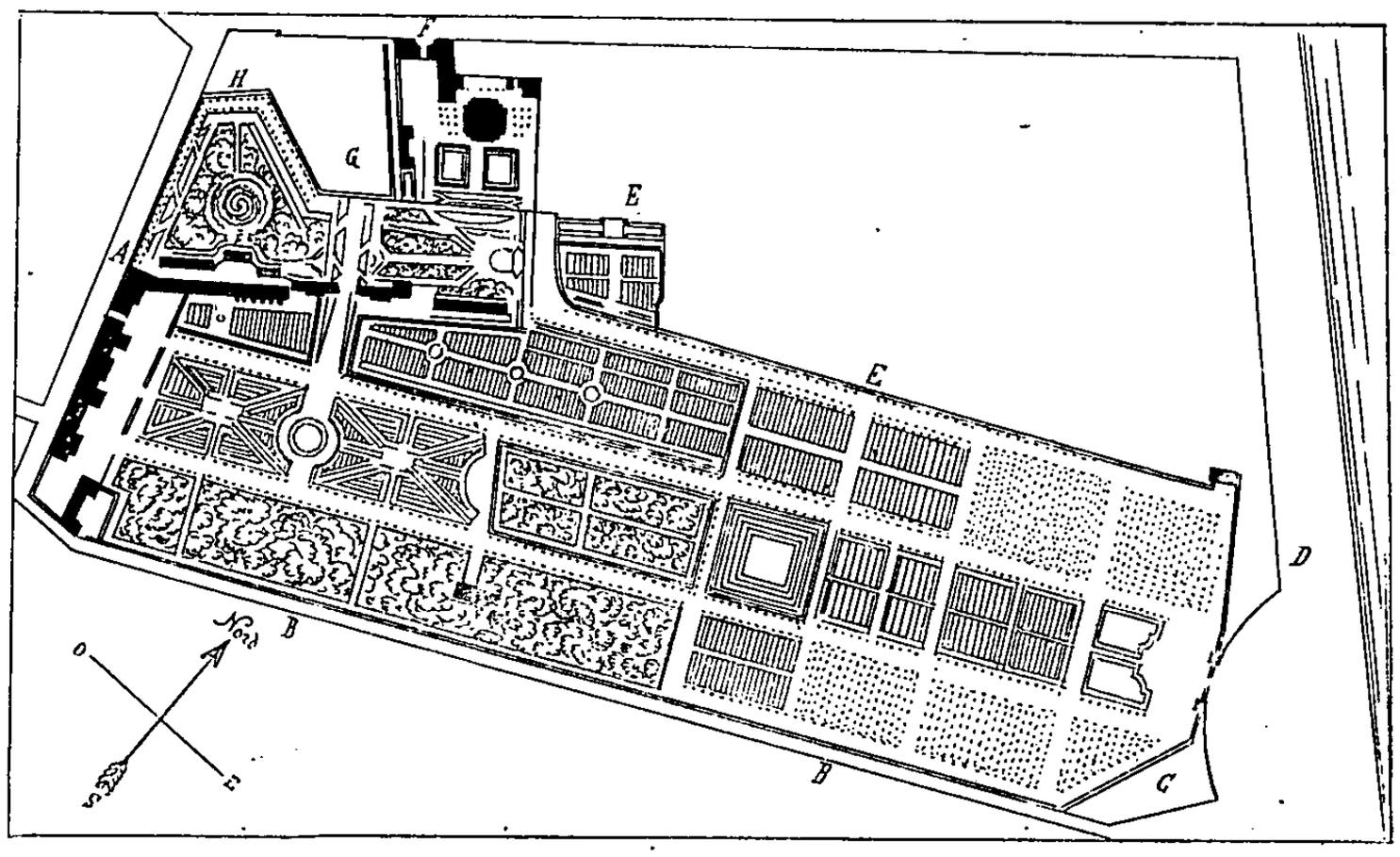


FIG. 4. — MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE EN 1789.
A. Jardin du Roi. — B. Rue de Buffon. — C. Boulevard. — D. Quai. — F. Rue de Seine.

« A mesure que le nombre de plantes augmentait par la bonne administration, on construisit de nouvelles serres pour les loger.... A la fin, M. du Fay était parvenu à faire avouer unanimement aux étrangers que le Jardin royal était le plus beau de l'Europe. » Il n'avait pas fallu plus de sept ans à du Fay pour obtenir ces résultats. D'une habileté consommée servie par une parfaite aisance d'homme du monde, d'un rare désintéressement et d'une infatigable activité, l'admirable intendant aurait certainement conduit très haut son Jardin, qu'il aimait passionnément. Il fut enlevé en 1739, à peine âgé de 41 ans, par la petite vérole. Se sentant perdu, il eut encore le courage d'écrire au ministre, M. de Maurepas, pour lui indiquer celui des membres de l'Académie des sciences, désormais liée au Jardin royal, qu'il croyait le plus propre à lui succéder : le successeur qu'il désignait, dernier et immense service rendu à la science, c'était Buffon.

L'ère inaugurée par la nomination de Buffon au poste d'intendant devait durer cinquante ans.

Durant cette longue période peu de modifications furent apportées à l'organisation du corps enseignant du Jardin royal. Les démonstrateurs

1. La plupart des renseignements qui précèdent ont été puisés dans une très intéressante notice manuscrite rédigée par M. le commandant Clavel, surveillant général du Muséum.

prirent peu à peu le titre de professeurs; mais le nombre de chaires demeura de trois. Les

FIG. 5.

démonstrateurs devenant professeurs, les sous-démonstrateurs devinrent démonstrateurs, et il y en eut un pour chaque chaire. A ce personnel enseignant s'ajouta un personnel non enseignant mais composé néanmoins de savants éminents : Daubenton, Lacépède, Faujas de Saint-Fond, Lamarck. C'était un état-major de premier ordre et qui a tracé, non seulement dans l'histoire du Jardin des Plantes, mais dans celle de la science, le plus lumineux sillon.

Avec Buffon, ce n'est plus la botanique, l'anatomie chirurgicale, la chimie qui règnent au Jardin royal; les préoccupations médicales disparaissent; la rivalité avec la Faculté de médecine s'éteint; toutes les mesquineries qui avaient marqué l'exploitation des praticiens royaux sont rendues à jamais impossibles; le souffle du génie a passé sur la maison où tout s'anoblit et s'agrandit. Il ne s'agit plus de drogues pharmaceutiques ni de chirurgie, c'est l'étude de la nature entière qu'il faut embrasser : c'est l'histoire des animaux qu'il faut écrire, et on sait comment,

FIG. 6.

durant cinquante ans, il l'écrivit! C'est l'histoire même de la terre, ce sont les époques de la nature qu'il faut retracer, et l'on sait avec quelle magie de style il s'en est acquitté. Auprès de lui, Daubenton s'occupe de l'anatomie des animaux et tous deux créent pour la première fois un véritable Musée zoologique. Le cabinet ne contenait encore en fait d'animaux que les coquilles de Tournefort qui avaient servi à amuser Louis XV enfant : les minéraux, les fruits, les bois, les coquillages, les oiseaux et les mammifères empaillés, les préparations anatomiques viennent se presser en ordre méthodique dans la nouvelle galerie, où il en subsiste encore.

FIG. 7.

Pendant ce temps, Jean-André Thouin, directeur des cultures, enrichit le jardin de telle façon qu'il fait distribuer en une année les graines ou les plants de douze mille espèces végétales; à ce moment plus de six mille plantes vivaient dans les serres et l'orangerie;

plus de vingt mille étaient classées dans l'herbier.

L'aspect général de l'établissement se modifie d'ailleurs profondément. Buffon cesse d'habiter l'hôtel Voisin, attribué jusque-là à l'intendant, sauf les parties nécessaires aux divers services scientifiques; l'hôtel tout entier, surmonté d'un étage et continué au sud, avait été attribué aux collections; un nouvel hôtel pour l'intendant fut acheté au sud des galeries; plus tard l'hôtel de Magny, réservé actuellement à l'administration, avait été acquis avec les vastes terrains qui l'entouraient, et un nouvel amphithéâtre, le grand amphithéâtre actuel, avait été commencé dans son jardin, tandis que les gardes du cabinet Daubenton et Lacépède s'installaient dans l'hôtel lui-même. Le pavillon où est mort Chevreul n'appartenait pas encore au Jardin royal; c'était une dépendance de la communauté des Nouveaux-Convertis. A ce moment furent forgées en Bourgogne, dans les forges mêmes de Buffon, les grilles assez rustiques qui limitent le jardin le long de la rue qui s'appelait déjà rue de Buffon.

A la mort de Buffon, le Jardin royal des Plantes était complètement transformé. Sans doute, par l'étendue de ses cultures, la botanique y occupait bien une place prépondérante, mais c'était la botanique générale, non plus la botanique médicinale qui y était enseignée, et en bordure des carrés de Thouin se dressait un vaste cabinet d'histoire naturelle où toutes les productions de la nature, rassemblées dans un ordre méthodique, donnaient une image réduite du monde vivant. De plus, le sentiment du rôle pratique que pouvait jouer un tel établissement s'était nettement dégagé; tandis que Thouin introduisait incessamment de nouvelles plantes utiles et les répandait dans toutes les parties de la France, Daubenton ne dédaignait pas de formuler les principes de l'élevage des moutons et créait en France, à l'aide de béliers espagnols, une race indigène de mérinos.

L'intendance d'un établissement arrivé au degré de prospérité où l'avait conduit Buffon était une charge des plus enviables. Au cours d'une longue maladie que fit l'illustre naturaliste en 1771, des intrigues se nouèrent autour de sa succession; elles eurent pour résultat de faire attribuer la survivance de l'intendance à Charles-Claude de Flahault, comte de la Billarderie d'Angiviller, gentilhomme de la manche des Enfants de France, directeur et ordonnateur général des bâtiments, jardins, arts, académies, manufactures royales, et, on ne sait pourquoi, membre de l'Académie des sciences. Compromis dans diverses affaires financières, le comte de la Billarderie, sans égard pour une convention passée avec Buffon et par laquelle il s'engageait à laisser sa survivance au fils de celui-ci, Charles Nadault de Buffon, avait cru prudent de faire passer sa charge entre les mains de son frère aîné, le marquis de la Billarderie, qui fut nommé intendant du Jardin royal le 18 avril 1788, à l'âge de soixante-quatre ans. Le nouvel intendant était un militaire tout à fait incapable d'administrer un établissement qui avait 606 010 livres de dettes, et dépensait annuellement 92 000 livres environ. Par dévouement pour l'œuvre de Buffon, André Thouin, qui avait succédé à son père Jean-André comme directeur des cultures, en 1764, et qui avait été pour Buffon un collaborateur des plus actifs, des plus intelligents, des plus dévoués, voulut bien prêter dans quelque mesure son concours à d'Angiviller. Mais l'accueil fait au nouvel intendant fut plus que froid. La Révolution commençait d'ailleurs à gronder; l'Assemblée nationale allait bientôt rechercher partout les abus et s'occuper du Jardin du roi comme de beaucoup d'autres choses. Le malheureux marquis, menacé de toutes parts, essaye de mettre Condorcet dans ses intérêts en lui promettant sa survivance déjà promise au fils de Buffon; mais son administration aboutit à des déficits croissants; ses relations avec son personnel deviennent de plus en plus mauvaises; finalement, le comte son frère, s'étant enfui à l'étranger, en 1791, l'intendant remet au roi sa démission vers le milieu de cette année et quitte Paris sans même donner la signature nécessaire au règlement des crédits. Au mois de juillet de cette même année, Louis XVI le remplaçait par Bernardin de Saint-Pierre, sur la recommandation du ministre de l'intérieur, Terrier-Moncel.

Le poète charmant de *Paul et Virginie*, malgré ses descriptions de la végétation tropicale, n'était pas plus naturaliste que le rêveur enfantin des *Harmonies de la Nature* n'était philosophe. Il ne put être pris au sérieux par les hommes de science à la tête desquels l'avait placé la faveur d'un ministre, et son autorité auprès de la redoutable Assemblée qui gouverne la France était nulle. Le véritable directeur du jardin, celui qui est en rapports constants avec le ministre Roland, fût Thouin. Et il en profita pour préparer, d'accord avec ses collègues, la

transformation définitive du Jardin du roi en un grandiose établissement voué « à l'étude des sciences naturelles dans toute leur étendue et principalement dans leurs applications à l'agriculture, au commerce et aux arts ».

Le Jardin des plantes médicinales devient ainsi le Muséum d'histoire naturelle. L'ère des surintendants est passée; Bernardin de Saint-Pierre disparaît, et le Muséum est administré désormais par l'assemblée des anciens officiers du Jardin devenus professeurs. M. Hamy a conté, d'une manière définitive, « *Les derniers jours du Jardin du roi* » dans le volume publié, à l'occasion du CENTENAIRE DU MUSÉUM, par les professeurs de l'établissement.

EDMOND PERRIER,
Membre de l'Institut.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

LE PASSAGE DE LA BOUCLE : LOOPING THE LOOP.

Dans le vieux traité de physique de Daguin, qui a servi de guide aux aînés de notre génération, l'on trouve, au chapitre qui traite de la force centrifuge, une figure qui représente une singulière voie ferrée en forme de boucle verticale sur laquelle se meut un wagonnet. Celui-ci descend d'abord une rampe vertigineuse sur laquelle il prend de l'élan, s'engage dans une boucle dont il fait le tour complet sans quitter les rails, pour ressortir dans une rampe montante où il s'arrête. — Daguin explique comment on peut, grâce à la force centrifuge, s'asseoir sans danger dans le wagon et ainsi s'offrir la sensation peu banale de rouler dans les airs, en voiture découverte, la tête en bas, les pieds en l'air.

C'est cette vieille expérience classique que l'américain Vanderwoort, dit Smithson, dit *Diavolo*, réédite actuellement tous les soirs à l'Olympia, mais à bicyclette. Au lieu de rouler commodément assis dans un wagon guidé par des rails, il exécute le petit tour de force de se diriger lui-même, les yeux fixés sur la bande noire qui lui indique la route à suivre sur l'étroite piste blanche (fig. 1).

Diavolo a débuté en Amérique et s'est ensuite exhibé à Londres avant de venir en France. Il a déjà de nombreux imitateurs et, à Paris même, tandis qu'il roule sur la piste de l'Olympia, un concurrent en fait autant au Casino de Paris. Il est probable que le jour où on se sera aperçu qu'au fond cette soi-disant acrobatie n'exige que du sang-froid et aucun savoir autre que celui, bien vulgaire, de pouvoir se tenir à bicyclette, les *passeurs de boucle* deviendront si nombreux qu'on ne se dérangera plus pour aller les voir.

Tout paradoxal que cela puisse paraître de prime abord, le *looping* sur une piste bien faite n'a en effet rien d'acrobatique, comme nous allons essayer de le faire voir.

Trois forces principales entrent ici en jeu : la *pesanteur*, la *résistance de l'air* et la *force centrifuge*. Passons-les d'abord rapidement en revue.

Il suffit d'avoir lu *Les femmes savantes* de Molière pour connaître les lois de la chute des corps qu'on apprend d'ailleurs aux jeunes lycéens dès la Quatrième. Lorsqu'on abandonne un corps pesant *dans le vide*, il prend un mouvement *uniformément accéléré*; sa vitesse ne reste pas constante, mais croît régulièrement, de telle sorte qu'elle augmente de 9 m. 8 toutes les secondes. Ainsi, pendant la première seconde de chute, la vitesse croît de 0 à 9 m. 8, à la seconde; durant la deuxième seconde elle croît de 9 m. 8 à 9 m. 8 + 9 m. 8 = 19 m. 6, et ainsi de suite. Au bout de la dixième seconde de chute, la vitesse acquise serait de 98 m. à la seconde, c'est-à-dire de 353 kilomètres à l'heure!

Cette quantité constante 9 m. 8 dont la vitesse de chute dans le vide s'accroît à chaque seconde est ce qu'on appelle l'*accélération de la pesanteur* et on la désigne d'ordinaire par la lettre g.

Mais nous ne vivons pas *dans le vide*! Nous sommes environnés d'air, et les cyclistes qui ont parfois roulé à bicyclette avec *le vent dans le nez* savent quelle résistance cet air si léger est capable de développer! Il s'en faut donc de beaucoup qu'un corps abandonné dans l'air acquière les vitesses fantastiques qu'il prendrait dans le vide. — L'air fait frein et ce frein devient de plus en plus énergique à mesure que la vitesse augmente, de telle sorte que cette vitesse est limitée. Des expériences très précises [1] ont montré que la résistance de l'air croît comme le

1. Voir Bourlet, *Nouveau Traité des bicycles et bicyclettes*, t. II, p. 39 à 45.

carré de la vitesse et qu'elle est en moyenne, pour un cycliste, égale à 0,03 v^2, où v désigne la vitesse *en mètres par seconde*. C'est la valeur que nous adopterons dans la suite.

Il nous reste enfin à parler de la *force centrifuge* qui, dans le cas présent, joue un rôle prépondérant. Quelques expériences bien simples permettent de la mettre en évidence.

A l'un des bouts d'une cordelette attachons une boule ; prenons l'autre bout dans notre main et faisons tourner la boule comme une fronde. La corde se tend et tout se passe comme si quelque gnome invisible tirait sur la boule pour l'arracher de notre main. Plus la vitesse de rotation est grande, plus la traction est forte. La boule est donc sollicitée par une force qui tend à l'écarter, à l'éloigner du centre du cercle qu'elle décrit. C'est cette force qu'on appelle la *force centrifuge*.

Faisons encore une seconde expérience, au risque de faire concurrence à nos collègues de physique.

Prenons un seau plein d'eau. Balançons-le à bout de bras d'abord lentement; puis augmentons graduellement l'amplitude de l'oscillation. Nous parviendrons ainsi à faire faire le moulinet complet à notre seau sans qu'il en tombe une seule goutte d'eau ; et, plus nous tournerons vite, plus l'eau sera immobile au fond du seau. C'est encore la force centrifuge qui fait cette *acrobatie* ; c'est elle qui agit sur les molécules d'eau, c'est elle qui les chasse loin du centre de rotation, notre épaule, et les presse, en dépit de la pesanteur, contre les parois du seau.

Journellement nous sommes aux prises avec cette force maline qui nous joue plus d'un mauvais tour. C'est elle qui jette les uns sur les autres les voyageurs d'un train ou d'un omnibus dans un tournant ; c'est pour contre-balancer ses effets que le cycliste est forcé de se pencher dans un virage parfois jusqu'à la *pelle* fâcheuse ; c'est encore elle qui fait éclater dans les machines

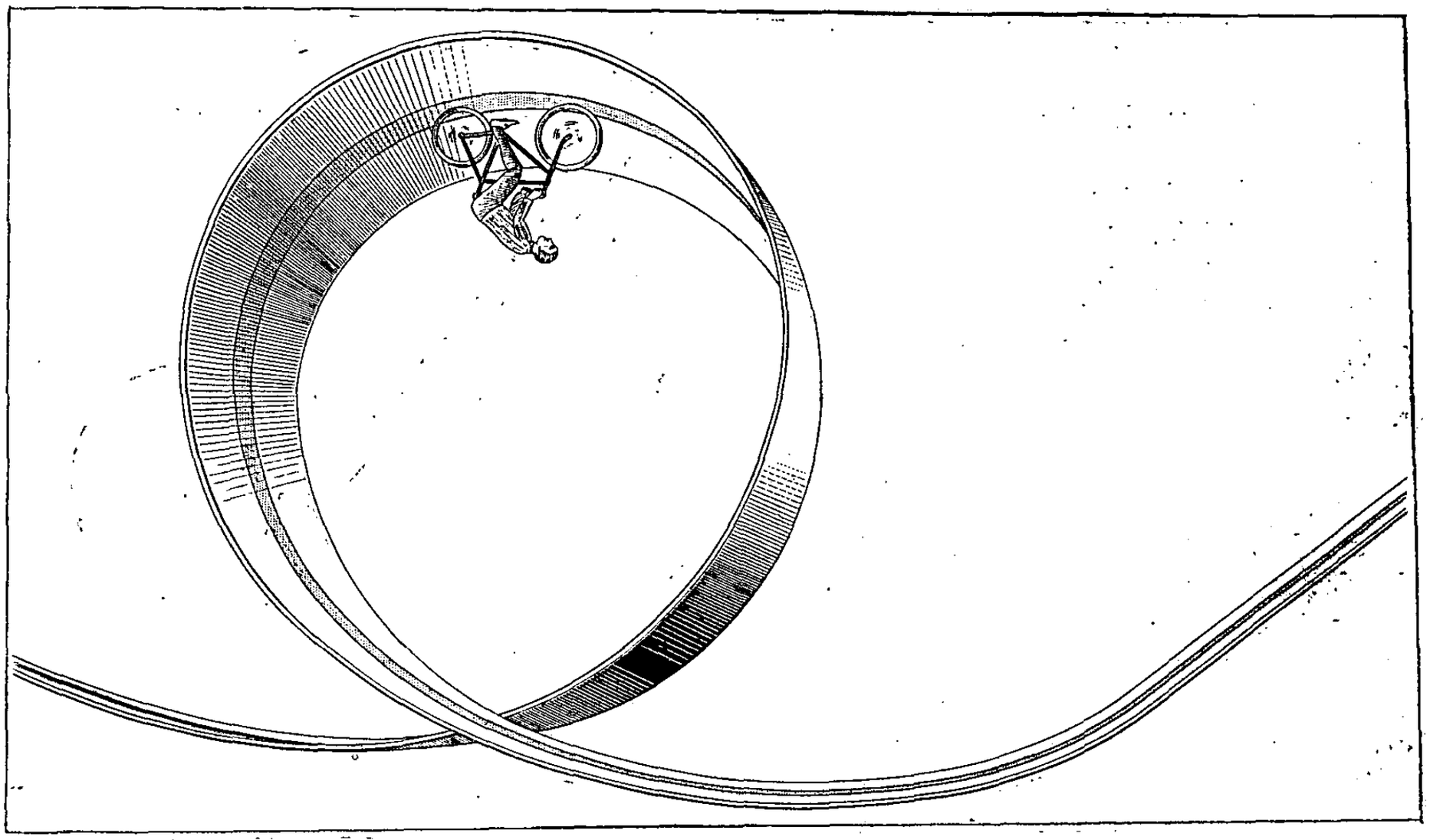


FIG. 1. — LA PISTE DU PASSEUR DE BOUCLE.

les volants qui tournent trop vite. La mécanique nous apprend à la connaître. On démontre en effet que cette force est égale à $\frac{Pv^2}{gR}$, où P désigne le poids du corps qui tourne, v sa vitesse, R le rayon du cercle qu'il décrit et g l'accélération de la pesanteur.

Il nous est maintenant aisé de nous rendre compte de ce qui se passe dans le *looping the loop*.

L'expérience comprend deux phases (fig. 2) :

Dans la première phase le cycliste s'abandonne en haut d'une descente rapide et se laisse aller en roue libre. La pente a 34 mètres de long et la chute, comptée suivant la verticale, est de 14 mètres. Si le cycliste se déplaçait *dans le vide* sa vitesse serait facile à calculer. On démontre, en effet, que, lorsqu'un corps roule,

sans résistances, sur une pente, sa vitesse au bas de la pente est égale à $\sqrt{2gh}$, où h désigne la hauteur de chute *comptée suivant la verticale*.

Si donc Diavolo opérait sous cloche pneumatique, comme l'ont supposé presque tous les calculateurs qui ont jusqu'ici calculé sa vitesse, il aurait au bas de la pente une vitesse de

$$\sqrt{2 \times 9{,}8 \times 14} = 16^{m},5 \text{ à la seconde,}$$

soit environ 59 kilomètres à l'heure. Mais notre homme *n'est pas dans le vide*! il faut tenir compte de la résistance de l'air, et alors le problème se complique. Il se complique même si bien qu'il faut savoir manier les différentielles et les intégrales pour le résoudre.

Nous épargnerons au lecteur ces calculs ardus, qui ne trouveraient place que dans une publication spéciale, et nous nous contenterons d'énoncer le résultat [1].

La vitesse du cycliste au bas de la pente est de 13 mètres à la seconde; c'est-à-dire de 47 kilomètres à l'heure environ. Comme on le voit, la résistance de l'air a eu un effet notable, puisqu'elle a réduit la vitesse à l'heure de 12 kilomètres.

En fait, il est même probable que la vitesse de Diavolo est encore plus faible, car nous avons supposé que le roulement sur la piste était négligeable, ce qui n'est peut-être pas.

La seconde phase commence alors. Le cycliste entre dans la boucle avec une vitesse de 47 kilomètres à l'heure et la montée commence.

Dès lors, il ne s'élève plus qu'en vertu de la vitesse acquise, puisqu'il ne pédale pas et que d'ailleurs sa machine n'a même pas de chaîne. Son poids et la résistance de l'air unissent leurs efforts pour ralentir sa marche. La force centrifuge à elle seule suffit pour le faire tenir sur la piste; elle le pousse contre la piste, comme plus haut elle maintenait l'eau dans le fond du seau. A mesure qu'il s'élève, sa vitesse décroît et par suite la force centrifuge, tandis que son poids le tire de plus en plus vers le bas. Il arrive enfin au haut de la boucle la tête en bas, les pieds en l'air, à 7 mètres du sol, toujours soutenu par la force centrifuge, qui alors est approximativement à son minimum. C'est à peu près le point le plus critique et il nous suffira de vérifier qu'en ce point la force centrifuge est suffisante pour être assuré qu'il fera le tour sans encombre. Il redescend ensuite la boucle, sa vitesse augmente à nouveau et il sort du tourbillon à grande allure.

La vitesse de passage au haut de la boucle est de 8 m. 1 à la seconde, soit environ de 29 kilomètres à l'heure.

La force centrifuge développée est de 267 kilogr.

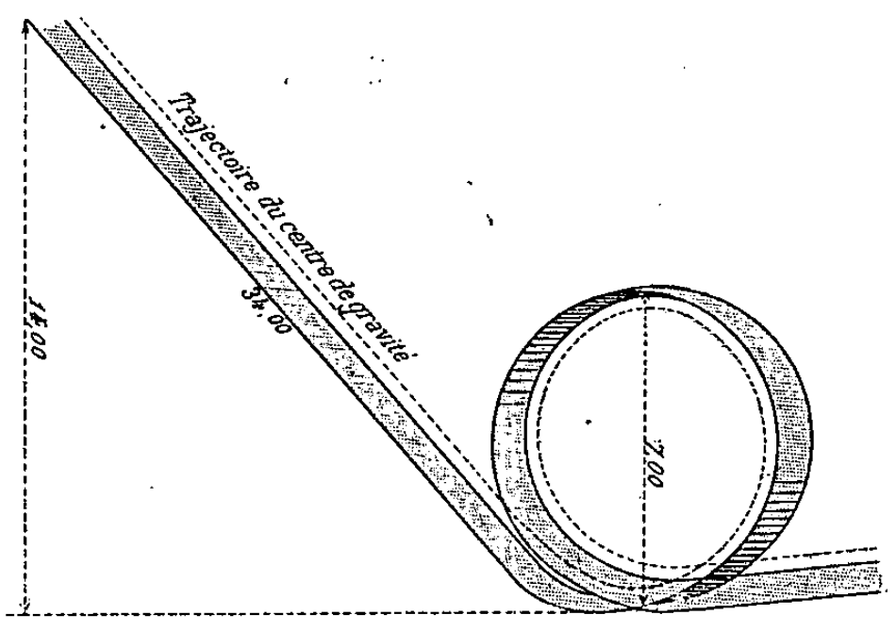


FIG. 2.

Si l'on n'avait pas tenu compte, comme nous l'avons fait, de la résistance de l'air, on aurait trouvé que la vitesse au haut aurait été égale à

$$\sqrt{2 \times 9{,}8 \times 9} = 13^{m},3 \text{ à la seconde,}$$

soit de 48 kilomètres à l'heure environ au lieu de 29, vitesse réelle! D'autre part, la force centrifuge en ce point aurait été égale à

$$\frac{176\,400}{245} = 720 \text{ kilogr. [1]!}$$

1. Tous calculs faits on trouve que la vitesse v_0 acquise au bas de la pente est donnée par la formule :

$$v_0 = \sqrt{\frac{P \cos \alpha}{0{,}03}\left[1 - e^{-\frac{0{,}06\, g\, x}{P}}\right]}$$

où P désigne le poids total du cycliste et de sa machine, α l'angle du plan avec la verticale et x la longueur de la rampe.

Le cycliste pèse environ 70 kilogr., sa machine 30 kilogr., de telle sorte qu'on a, dans le cas présent, $P = 100$, $g = 9{,}8$, $x = 34$ et $\cos \alpha = \frac{14}{34}$. Ceci donne :

$$v_0 = \sqrt{\frac{70\,000}{51}\left[1 - e^{-0{,}2}\right]} = 13^{m} \text{ à la seconde.}$$

La lettre e désigne un nombre très fréquent en mathématiques, qui a pour valeur 2,71828.

1. Admettons, pour faire le calcul, que la ligne centrale de la boucle soit une hélice, c'est-à-dire que la surface de la piste soit celle d'une vis à filet carré : si alors on désigne par R le rayon du cylindre sur lequel est tracée l'hélice et par h le pas réduit de cette hélice on trouve, après un calcul assez compliqué, que la vitesse du cycliste est donnée par la formule :

$$v^2 = -\frac{2gR}{1+a^2}\left(a \sin \theta - \cos \theta\right) + \left(v_0^2 - \frac{2gR}{1+a^2}\right) e^{-a\theta}$$

lorsqu'il a tourné d'un angle θ. En posant :

$$a = \frac{0{,}06\, \sqrt{R^2 + h^2}\, .\, g}{P}.$$

Dans le cas qui nous occupe le diamètre de la boucle est de 7 mètres. Mais le centre de gravité du coureur et de sa bicyclette ne décrit pas une courbe de $3^{m},50$ de rayon. Ce centre de gravité est, en effet, à peu près à 1 mètre au-dessus de la piste et, par suite, il décrit la courbe figurée en pointillé sur la figure schématique n° 2. Le rayon du cylindre sur lequel est tracée l'hélice décrite par le centre de gravité n'est donc que de $3^{m},50 - 1^{m} = 2^{m},50$.

L'erreur serait monstrueuse !

Quoi qu'il en soit, nous sommes rassurés. Comme le poids total du cycliste et de sa machine n'est que de 100 kilogr., la force de 267 kilogr. qui se développe au sommet de la boucle est largement suffisante pour le maintenir sur la piste. Il reste encore 167 kilogr. de pression et la bicyclette adhère encore plus à la piste que sur terrain plat [1].

Nous terminerons par quelques observations d'ordre pratique.

La piste n'a guère qu'un mètre de large, sauf au haut de la boucle où elle est élargie. Pour que le cycliste puisse se diriger sans trop de difficulté sur elle, aux vitesses qu'il acquiert, il faut donc avant tout qu'il ait à donner aussi peu de coups de guidon que possible. Le moindre faux mouvement le précipiterait dans le vide. Il faut donc construire la piste de façon qu'il n'ait qu'à filer tout droit pour suivre la ligne noire qui lui trace sa route. Pour cela il suffit que la piste soit établie de telle façon que si on la déroulait sur un plan, elle devînt rigoureusement rectiligne. Mathématiquement cela revient à dire que la boucle doit être une hélice exacte et que la pente d'arrivée soit exactement *tangente* à cette hélice.

D'autre part, nous avons admis, pour faire notre calcul, que la boucle était une hélice *circulaire*; or, dans la pratique ce serait mauvais. S'il en était ainsi, au moment précis où le cycliste pénétrerait dans la boucle il serait brusquement empoigné par la force centrifuge, qui, à l'entrée, serait d'environ 750 kilogr. — Quel à-coup ! — A la sortie ce serait encore plus dangereux. Si on calcule, en effet, la vitesse de sortie on trouve qu'elle est environ de 44 kilomètres à l'heure et que la force centrifuge est alors de près de 650 kilogr. Brusquement, à la sortie, cette pression disparaîtrait, d'abord sur la roue d'avant et ensuite sur la roue arrière. A la sortie, la roue serait donc brusquement allégée de près de 300 kilogr., qui se reporteraient partiellement sur l'arrière et la machine aurait de fortes tendances à faire la bascule. Pour éviter cet inconvénient il faut donc que la forme de l'hélice soit telle que la force centrifuge ne se développe que *graduellement*. Il suffit pour cela que la courbe, au lieu d'être circulaire, ne s'incurve que progressivement; que son rayon d'abord très grand diminue régulièrement pour atteindre sa plus petite valeur au sommet de la boucle. C'est ce que Diavolo paraît avoir compris, car sa boucle n'est pas circulaire; elle est plus haute que large et paraît en gros remplir les conditions qui en facilitent le parcours.

En somme, on voit que, si la piste est bien construite, le passage de la fameuse boucle est chose facile. Ce n'est guère qu'une question de sang-froid.

Il y a cependant une petite difficulté qu'il nous reste à signaler : La trajectoire du cycliste n'étant pas une ligne de plus grande pente de la surface de la piste, sa machine doit toujours être légèrement inclinée vers l'extérieur. Il en résulte qu'au moment précis où il passe au point culminant, il doit changer le sens d'inclinaison de sa bicyclette ou plutôt le côté vers lequel il penche le corps. C'est un peu délicat et il faut évidemment un peu d'adresse pour faire effectuer à la machine ce balancement sans faire d'embardée.

Est-ce cependant là une véritable *acrobatie*? Certainement non, nous le répétons, si la piste est *bien conçue*. Il en serait tout autrement si la piste était mal faite. Gare alors aux faux coups de guidon et aux culbutes ! On prétend que cinq ou six hommes se sont déjà tués à ce petit jeu. Si c'est vrai, ce furent des imbéciles ou de fiers maladroits. Mais tout porte plutôt à croire que ce n'est qu'une légende habilement exploitée par la réclame.

Le jour où la foule sera convaincue que le *looping the loop* est un exercice anodin, les *boucleurs de boucle* ne feront plus un sou de recette !

CARLO BOURLET,
Docteur ès sciences.

Le pas réel de cette hélice est égal à la largeur de la piste, donc environ 1m. Son pas réduit est donc égal à

$$\frac{1}{2\pi} = 0{,}16.$$

Pour avoir la vitesse v au point A le plus haut il faut donc faire dans la formule précédente :

$$P = 100; \quad R = 2{,}5; \quad v_0 = 13; \quad g = 9{,}8;$$
$$e = 2{,}71823; \quad \theta = \pi = 3{,}1416; \quad h = 0{,}16$$

ce qui donne :

$$a = 0{,}0147$$

et

$$v^2 = -49 + 120\, e^{-0{,}0147.\pi} = 65{,}6.$$

On en tire

$$v = \sqrt{65{,}6} = 8^m{,}1 \text{ } \textit{à la seconde.}$$

Comme le rayon de courbure est $R + \frac{h^2}{R}$, la force centrifuge en ce point est :

$$\frac{Pv^2}{g\left(R + \frac{h^2}{R}\right)} = \frac{65\,000}{245} = 267 \text{ kilogr.}$$

1. Certains journaux ont prétendu que la boucle avait 10m de haut. Si c'était exact, il aurait fallu que le cycliste parte de beaucoup plus haut; car s'il ne descendait, comme nous l'avons admis, que de 14m de haut, il ne ferait sûrement pas le tour de la boucle. Si on applique, en effet, dans ce cas, notre formule, on trouve pour $\theta = \pi$ une valeur *négative* pour v^2; ce qui veut dire que v se serait annulé avant que le cycliste arrive en A.

ASTRONOMIE PHYSIQUE

LES CIRQUES LUNAIRES SONT-ILS DES VOLCANS[1] ?

Les progrès des moyens de transport menacent, nous dit-on, de rendre la Terre trop petite. En même temps les conquêtes de l'astronomie élargissent sans mesure le monde sidéral. Il en résulte, pour beaucoup d'esprits, un sentiment pénible de vide et de solitude, semblable à celui du navigateur sur une épave. Ils ressentent cette obsession dont on trouve déjà la trace dans les *Pensées* de Pascal : « En vérité », disait l'apologiste de Port-Royal, « le silence éternel de ces espaces infinis m'effraie. » Des ondulations lumineuses ou calorifiques d'une inconcevable ténuité, voilà notre seul lien avec ces globes errants dont beaucoup surpassent grandement la Terre en étendue. C'est assez pour éveiller notre curiosité; trop peu pour la satisfaire. La tentation est forte d'imaginer dans ces mondes lointains une vie qui se renouvelle, une pensée qui s'harmonise avec la nôtre. Mais sans s'attarder à ces questions, pour longtemps encore insolubles, il est légitime de rechercher si certaines lois physiques, vérifiées sur notre globe, ne demeurent pas valables au dehors.

Deux découvertes capitales ont, vous le savez, justifié cette espérance : la gravitation universelle au XVII^e^ siècle, l'analyse spectrale au XIX^e^. La première admirable par la simplicité de sa formule et la netteté de ses conséquences; la seconde moins assurée dans ses conclusions, mais plus suggestive encore et répondant mieux, par la variété des renseignements qu'elle apporte, à ce besoin de fraternité qui ne connaît pas de limite.

Au début, des doutes sincères ont pu se produire. Pourquoi, disait-on, des impulsions mystérieuses n'amèneraient-elles pas les astres aux places où ils nous apparaissent? Peut-on, de la similitude des radiations émises, conclure l'identité des sources? Mais le temps a multiplié les vérifications. Les écarts eux-mêmes sont apparus comme des conséquences de la loi mieux interprétée. Il est permis aujourd'hui de regarder certaines déductions comme acquises. En voici deux qui seront pour nous un point de départ indispensable :

En premier lieu la même force qui met en mouvement les corps pesants sur la Terre retient la Lune dans son orbite, et notre satellite exerce une action semblable, toute proportion gardée, sur les points de sa surface.

En second lieu les mêmes éléments chimiques dominent à la surface de la Lune et dans l'écorce terrestre. Les relations qui s'imposent aux changements d'état des corps et qui relient ensemble la température, la pression et le volume sont, de part et d'autre, identiques.

Telle est, en résumé, dans le sujet qui nous occupe, la contribution de l'analyste et du physicien. Nous ne la discuterons pas : cela nous mènerait trop loin, et je vous demanderai de me la concéder. La tâche propre de l'astronome est maintenant de réunir des données d'observation, et de les rattacher à ces idées directrices.

La Lune, vous le savez, n'a par elle-même ni lumière ni chaleur. Elle nous renvoie les rayons solaires affaiblis en quantité, mais très peu modifiés en nature. On entrevoit donc peu de parti à tirer de l'analyse de sa lumière. Mais une autre voie nous est ouverte. Grâce à sa proximité relative, notre satellite, seul de tous les corps célestes, montre dans une lunette puissante un relief précis et énergique. Les mesures de distance, d'altitude, d'inclinaison même, y sont possibles. La variété des teintes y est aussi bien plus grande qu'on ne le croirait à première vue. Ce sont autant d'informations dont on peut s'aider pour rechercher les forces qui ont modelé la surface. Il est attrayant, à coup sûr, de se demander si les paysages lunaires reproduisent certains paysages terrestres ou si les deux globes, parvenus à des points différents de leur évolution, ont traversé des périodes semblables dans le passé.

Les tentatives faites dans ce sens ne datent pas d'hier. Des hommes distingués y ont attaché leurs noms. Mais la variété des conclusions émises semble faite pour inspirer la défiance.

Le temps est venu, je crois, où ces recherches peuvent être reprises avec de meilleures chances de succès. Les nombreuses photographies obtenues dans ces dernières années avec de grands instruments constituent, en effet, une base plus sûre que les dessins imparfaits ou les aperçus

1. Conférence faite à la Sorbonne le 5 février 1903, sous le patronage de la Société des Amis de l'Université.

fugitifs dont les premiers sélénographes ont dû se contenter. Vous partagerez, je crois, cette opinion, quand j'aurai mis sous vos yeux un certain nombre des épreuves faites à l'Observatoire de Paris sous la direction de M. Loewy. Voici près de dix ans que cette collection ne cesse de s'enrichir. Cette longue période est nécessaire si l'on veut, pour chacun des aspects de la Lune, obtenir le concours de toutes les conditions favorables : ciel pur, images calmes, altitude suffisante, libration avantageuse, proximité de la Terre.

Pour utiliser ces documents, divers procédés s'offrent à nous. Le plus souvent on prend pour point de départ les théories fondées sur l'étude du relief terrestre ; on recherche sur la Lune les formes semblables à celles que nous ont rendues familières nos observations personnelles et les travaux des géologues. On admet enfin qu'à des structures analogues correspondent les mêmes causes et le même ordre de succession dans le temps.

Cette méthode a cela de séduisant qu'elle nous fait profiter d'un mouvement intellectuel tout créé et d'un ensemble de travaux de grande valeur. Elle rend d'importants services, j'ai essayé, il y a deux ans, de le montrer ici même, quand on étudie les traits généraux de la planète, la distribution des parties déprimées ou saillantes à la surface, la tendance au plissement ou à la dislocation de l'écorce. Veut-on, au contraire, descendre dans le détail et analyser les formes spéciales à la Lune, les similitudes empruntées à la géologie deviennent décevantes. Nous ne connaissons, en effet, des formations lunaires que l'apparence externe. Nous ne pouvons y prélever des échantillons, y pratiquer des coupes. La plupart ne ressemblent que de très loin aux objets qu'il nous est donné d'observer de près. Il est hasardeux de leur appliquer des théories qui ne sont point faites pour elles.

D'autres chercheurs ont jugé plus sûr de faire appel à l'expérience. Avec des matières choisies, des instruments appropriés, on peut réaliser des images plus ou moins fidèles du sol lunaire. On modifie le tour de main jusqu'à ce que l'on pense avoir obtenu la plus grande ressemblance par les moyens les plus simples, et l'on déclare que c'est ainsi qu'a procédé la nature. Pour entraîner notre conviction, il faudrait encore nous dire ce qui a remplacé l'intervention calculée de l'opérateur ; nous faire entrevoir quelque probabilité pour que les forces mises en jeu aient spontanément agi ; montrer enfin que les constructions effectuées sur une petite échelle, dans le laboratoire, seraient encore possibles et stables dans les dimensions que la Lune nous montre. Ce sont, on en conviendra, bien des écueils semés sur la route.

Il est donc à propos d'adopter, au seuil de cette étude nouvelle, une attitude plus réservée. Mieux vaut oublier momentanément ce que nous pouvons savoir de géologie, demander à l'observation, sans idée préconçue, tout ce qu'elle peut donner. Nous comparerons les cirques entre eux, en nous attachant de préférence aux plus grands et aux mieux visibles ; nous tâcherons de nous insinuer dans leur intimité. Sur un nombre aussi grand d'individus, — les cartes en ont enregistré 30 000 et elles ne sont pas complètes, — des familles naturelles finiront bien par se dessiner. Nous devrons chercher les relations de ces divers groupes, établir leur ordre de succession. L'application des lois élémentaires que nous ne pouvons supposer en défaut éliminera plusieurs des hypothèses qui auraient pu être imaginées tout d'abord. Si, après ce passage au crible, l'analogie avec les volcans terrestres demeure indiquée ou simplement possible, nous y aurons recours, sans vouloir pousser nos déductions trop loin, car les géologues eux-mêmes ne sont pas tous d'accord sur l'origine de ces manifestations redoutables.

Il pourrait même se faire que les cirques lunaires fussent assujettis dans leur développement et dans leur structure à des lois plus simples que les volcans, et que, par suite, il y eût profit pour tout le monde à se mettre à leur école. Ce qui est sûr, c'est qu'ils sont pour le relief lunaire un facteur de première importance ; c'est que, par leur nombre, leurs dimensions variées et parfois gigantesques, leurs formes si arrêtées, ils constituent un admirable et captivant sujet de recherche.

Pour suivre notre programme à la lettre, nous aurions à exécuter ensemble une reconnaissance générale de toute la surface visible de la Lune. (Vous savez que près d'une moitié demeure obstinément cachée à nos regards.) Mais, afin de ménager votre temps et votre attention, il est à propos de supposer faite cette reconnaissance préalable et de vous offrir dans un ordre déterminé des exemplaires des principaux types qui doivent faire l'objet de la discussion.

Il n'est pas difficile, en effet, de le reconnaître : certains cirques se distinguent par un relief vigoureux, des arêtes vives, un air général

de jeunesse et d'intégrité. Ces caractères sont surtout communs chez les petits individus ; mais il y en a aussi de fort grands dans le même cas. Tel est par exemple Théophile, le bassin le plus profond de la partie centrale de la Lune. Le bourrelet, d'une régularité surprenante, semble construit au tour. D'un bord à l'autre on mesure exactement 100 kilomètres. La pente est douce vers le dehors et la dénivellation totale est difficile à évaluer, mais à l'intérieur on peut

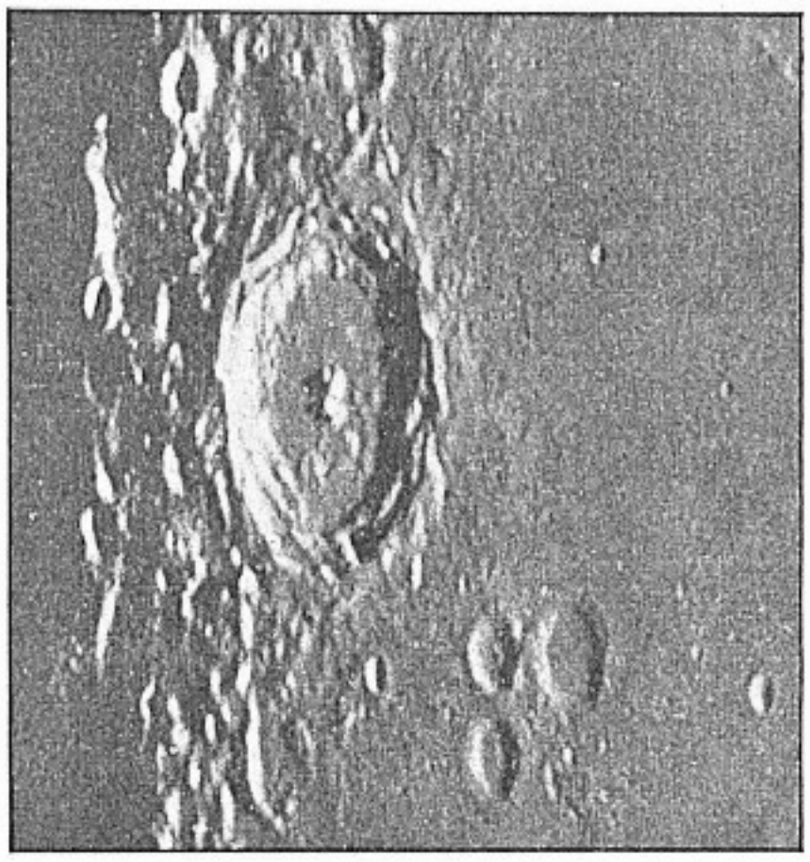


FIG. 1. — LANGRENUS, 10 SEPTEMBRE 1900.
Agrandissement du cliché original : 5 fois.

mesurer la largeur de l'ombre et l'on s'assure qu'il y a 5 500 mètres de différence d'altitude entre le rempart et la plaine. Aucune montagne terrestre ne s'abaisse de si haut dans le même intervalle et l'on peut présumer qu'un spectateur placé sur le massif central aurait sous les yeux un tableau des plus imposants. Ce massif est considérable, dominé par plusieurs pics. Ici encore l'ombre se prête à la mesure et accuse une altitude de 2000 mètres. Il s'en faut bien, vous le voyez, que le massif central atteigne au niveau du rempart.

Avec Langrenus (fig. 1) nous avons un autre représentant du type saillant et vigoureux. Tous les caractères signalés dans Théophile s'y retrouvent avec une légère atténuation. Les dimensions sont à peu près les mêmes, l'agrandissement de l'image étant plus fort. Nous retrouvons le massif central, un peu moins considérable, couronné par deux sommités. Le rempart présente quelques points anguleux et s'abaisse par gradins vers l'intérieur. Il semble que l'on ait essayé plusieurs ébauches polygonales avant de s'arrêter à la forme circulaire. Vous remarquerez, à l'ouest, cette digue rectiligne qui a gêné l'expansion du cirque. C'est un trait que l'on retrouve souvent et qui mérite d'être retenu.

D'autres grands cirques présentent, avec une dépression plus faible, un intérieur encore plus uni. Tel est Platon (fig. 2), où il faut une lunette puissante et beaucoup d'attention pour apercevoir quelques accidents. Il est le *lac Noir* des pre-

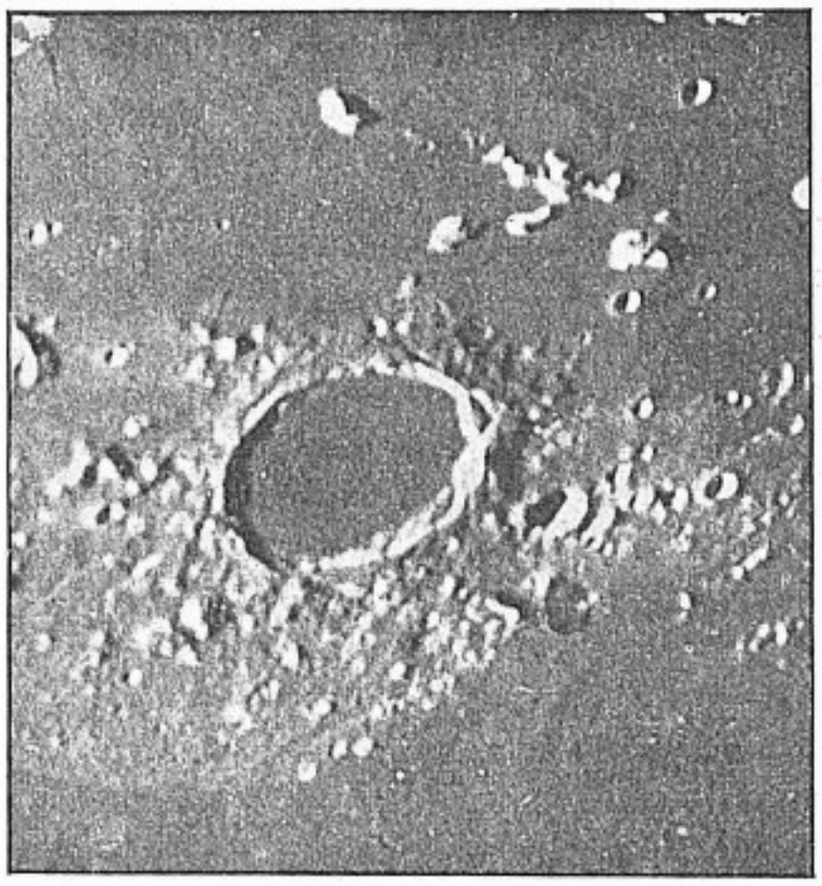


FIG. 2. — PLATON, 17 AVRIL 1902.
Agrandissement du cliché original : 5 fois.

miers sélénographes, et, en effet, il offre cette particularité de trancher par sa teinte sombre sur les plaines voisines, et cela d'autant plus que le soleil y approche plus au méridien. Un observateur placé au milieu de Platon pourrait s'y croire perdu dans une plaine illimitée. C'est tout au plus, en effet, si la courbure du globe lunaire lui laisserait apercevoir les points les plus élevés de l'enceinte. N'oublions pas, avant de quitter Platon, les sillons rectilignes qui l'inscrivent dans un quadrilatère et semblent avoir limité son développement.

Les spécimens que nous venons de voir défiler sont des formations de grande étendue, mesurant 80, 100, 200 kilomètres de large. Il y en a beaucoup de moindres, jusqu'aux plus petites dimensions perceptibles, mais il y en a aussi de plus grands. D'habitude on ne leur donne pas la qualification de cirques ; on leur réserve le nom de mers ou de golfes. Au fond cette démarcation est artificielle, et il ne faut pas y attacher grande importance. Ainsi la mer des Crises, encadrée comme Ptolémée dans un hexagone, est tout

aussi bien délimitée et n'est pas plus exactement aplanie que lui. Elle s'étend à 2 ou 3000 mètres en contre-bas des montagnes qui l'entourent.

La mer du Nectar, bien circulaire encore avec ses 200 kilomètres de rayon, est loin d'être aussi profondément encaissée que Théophile, qui se retrouve tout auprès à une échelle moindre que tout à l'heure. Mais portons notre attention sur la région environnante, et nous verrons que la mer du Nectar est seulement la partie centrale d'un affaissement bien plus étendu, qui s'est propagé par zones concentriques, et dont la cassure des monts Altaï dessine la limite. Ainsi la tendance de notre satellite à détacher par des crevasses circulaires des fragments de son écorce, qui descendent ensuite au-dessous du niveau environnant, peut s'exercer sur de très grandes étendues à la fois, et toute explication mécanique des cirques doit être tenue pour insuffisante et suspecte, si elle n'est pas capable de s'adapter à ces cas extrêmes.

Ce qui donne aux cirques leur individualité, leur physionomie propre, ce n'est pas l'espace plus ou moins grand qu'ils occupent, c'est avant tout le caractère saillant du rempart, son dessin circulaire ou polygonal, la profondeur du bassin, la présence d'une montagne centrale. Peut-on à ces caractères faire correspondre un ordre de succession ou une localisation déterminée? Le problème est compliqué, mais point insoluble. Ainsi dans certaines régions l'aspect vigoureux et net est de règle; ailleurs ce sont le délabrement et la vétusté qui dominent. Au voisinage du pôle Sud nous ne voyons guère que des trous profonds et réguliers, découpés dans un plateau d'altitude uniforme. Il se rencontre ici des altitudes de 6 et 7000 mètres, dépassant même celle de Théophile. Dans la région arctique, au contraire, ces formes vigoureuses sont exceptionnelles. Ce sont les fonds des cirques qui paraissent constituer la surface moyenne de la planète. Au lieu de plateaux interposés, nous n'avons plus que de minces digues de séparation, plutôt rectilignes que circulaires et dans un manvais état de conservation (fig. 3).

Il est instructif encore de constater comment les cirques se comportent lorsqu'ils entrent en conflit, l'espace leur ayant manqué pour se développer à l'aise. Partout nous voyons les cercles empiéter sur les polygones, les fonds plats succomber devant les montagnes centrales, les petits s'arrondir aux dépens des grands. Le cas le plus curieux en ce genre est peut-être celui de Stœfler où cinq fois, sur le même emplacement, l'usurpation s'est répétée, le nouveau cirque étant, dans chaque occasion, plus petit et plus profond que l'ancien. Tous ces faits nous montrent que la formation des cirques a été une œuvre de longue haleine, dont les conditions se sont graduellement modifiées, à mesure que la température superficielle s'abaissait et que l'écorce prenait une solidité plus grande.

Après ces généralités, il conviendra que nous passions en revue quelques types exceptionnels. J'entends par là des formes que nous avons peu d'occasions d'observer; mais nous les relèverions sans doute en grand nombre s'il nous était donné d'y regarder de plus près : bien des choses nous échappent forcément à 400 000 kilomètres de distance.

Ainsi quelques enceintes se montrent partagées en deux moitiés par un sillon rectiligne, soit en relief, soit en creux. Le premier cas est réalisé par Alphonse. Non loin de là une curieuse terrasse rectiligne (le Straight Wall des sélénographes anglais) coupe diamétralement un bassin plus vaste, dont la bordure orientale, absorbée par la mer des Nuages, n'a laissé que de faibles traces.

Le plus beau spécimen de crevasse médiane nous est offert par Petavius (fig. 4). Vous voyez qu'elle part du massif central, franchit la première enceinte, et s'arrête à la seconde. On soupçonne une deuxième fissure, dirigée en apparence suivant le diamètre conjugué de l'ellipse, en réalité orientée perpendiculairement à la première. Petavius est encore digne de remarque par l'importance du massif central, la structure du rempart en étages et son inscription dans un quadrilatère.

Ces encadrements rectilignes, dont on relève, avec un peu d'attention, beaucoup d'exemples, sont le plus souvent tangents aux limites des cirques. Mais quelquefois aussi ils se tiennent à distance. Tycho, par exemple, occupe le milieu d'un parallélogramme dont tout l'intérieur a subi un affaissement visible, mais le cirque, d'aspect vigoureux et moderne comme Théophile, est resté confiné dans la partie centrale, et maintenu entre deux digues parallèles et plus rapprochées. L'écorce lunaire a possédé, au moins dans certaines parties, une sorte de charpente osseuse, comparable à la carcasse métallique d'une serre. Les cases de ce damier gigantesque ont joué les unes par rapport aux autres, avec une tendance générale à l'affaissement. Le milieu de chaque case a présenté des conditions particulièrement favorables pour la formation d'un cirque, et les

crêtes de séparation ont souvent arrêté l'expansion du bassin. On s'explique ainsi le grand nombre des sillons tracés suivant des tangentes communes à des enceintes voisines.

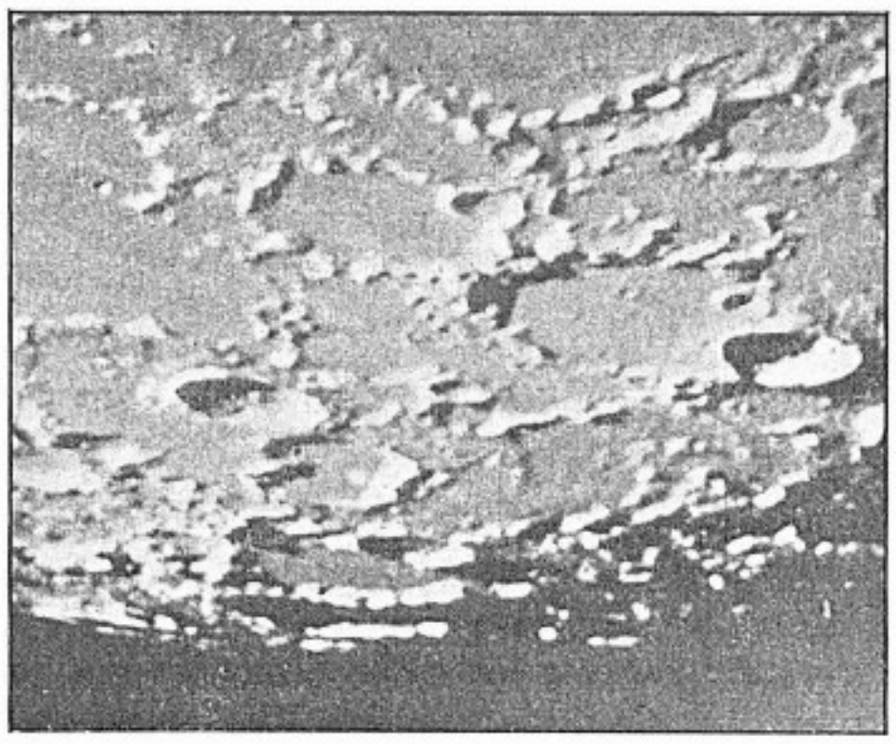


FIG. 3. — RÉGION ARCTIQUE, 17 AVRIL 1902.
Agrandissement du cliché original : 5 fois.

Ainsi ce ne sont pas des causes extérieures et accidentelles, ce sont les inégalités de résistance de l'écorce qui ont déterminé à l'avance les emplacements des grands cirques. Nous voyons en effet qu'ils ont tendance à se grouper par séries de deux, trois ou quatre suivant certains alignements. De même les petits orifices se forment volontiers en chapelets, sur le trajet de crevasses soit visibles, soit refermées.

Un autre phénomène bien remarquable, mais limité à un nombre relativement petit de cirques lunaires, est celui des auréoles blanches. Elles apparaissent mieux lorsque le soleil, un peu élevé, a dissipé les ombres et rendu possible une juste appréciation des teintes. Continue dans le voisinage du cirque, l'auréole ne tarde pas à se diviser en traînées qui s'étendent à plusieurs centaines de kilomètres dans toutes les directions, avec quelques lacunes ou irrégularités.

Les traînées sont un accident superficiel. Elles n'altèrent pas le relief des régions qu'elles traversent ; elles franchissent, sans être le moins du monde déviées, les montagnes placées sur leur trajet, et ne montrent aucune tendance à s'écouler par les vallées qu'elles croisent. Quand elles s'arrêtent ou s'interrompent, c'est le plus souvent à la rencontre de bassins déprimés, dont la teinte sombre a résisté avec succès à l'extension des auréoles.

Certains foyers ne rayonnent pas dans toutes les directions : ainsi Proclus laisse ouvert entre deux traînées voisines un secteur sombre de 120°. D'autres n'émettent qu'un petit nombre de traînées isolées : tel Messier, qui envoie vers l'Est un double panache, tellement semblable à une queue de comète qu'un astronome du dernier siècle voulait absolument y voir une représentation intentionnelle, offerte à notre curiosité par d'ingénieux habitants de la Lune.

Un de ces systèmes de traînées mérite une attention particulière. C'est Tycho, déjà signalé tout à l'heure, qui en est le centre. Son rayonnement embrasse bien une moitié de la partie visible de la Lune. Il est si étendu qu'aucune photographie ne peut bien en montrer tout l'ensemble. En voici une image partielle qui met en évidence une particularité remarquable : l'auréole ne s'étend pas aux pentes extérieures du cirque. Elle y est remplacée par une couronne sombre. Ce cas n'est pas isolé ; il y en a d'autres exemples, mais celui de Tycho est le plus apparent.

Il est inadmissible que la cause qui produit les traînées, quelle qu'elle soit, ait pu ne pas entrer en jeu au voisinage immédiat du centre d'action. Si donc l'auréole ne commence pas au bord même de l'orifice, ce n'est pas que la matière constitutive des traînées blanches y ait manqué : c'est qu'elle a été recouverte par un dépôt plus récent, de couleur plus sombre, mais moins susceptible de s'étendre à de grandes distances.

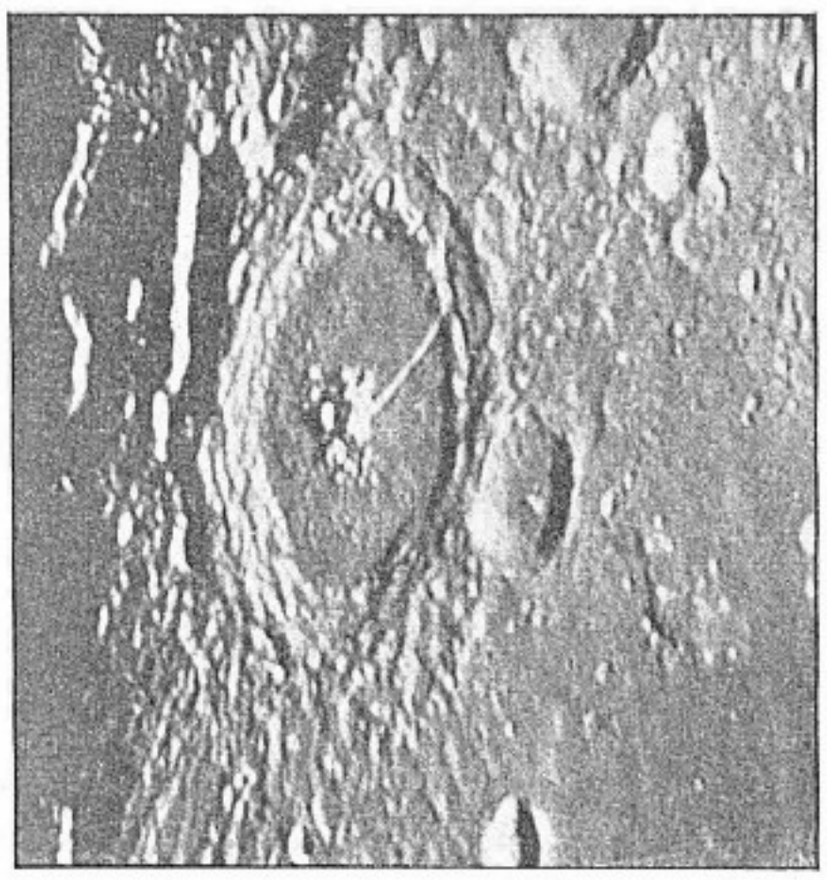


FIG. 4. — PETAVIUS, 10 SEPTEMBRE 1900.
Agrandissement du cliché original : 5 fois.

J'aurais voulu garder dans toute cette promenade descriptive une impartialité complète, et m'abstenir de rapprochements avec les volcans de notre globe. Je ne puis cependant m'empê-

cher de vous signaler que certains cratères terrestres ont, eux aussi, leur auréole et leur couronne sombre. Tels, par exemple, les volcans du Guatemala, dont une carte est donnée dans le bel ouvrage du professeur Suess « la Face de la Terre ». Ces volcans ont émis à diverses reprises d'immenses quantités de cendre, notamment en 1835, où l'éruption du Coseguina a couvert d'un manteau uniforme un espace plus vaste que la France ou l'Allemagne. Mais ce manteau semble s'interrompre dans chaque cas au pied du volcan. Il disparaît dans le voisinage immédiat du cratère sous une couche plus sombre de matériaux moins divisés, pierre ponce ou blocs de lave.

Les lacunes sont, en définitive, l'exception, et le caractère le plus frappant des auréoles est justement leur ampleur et leur continuité. Elles constituent un phénomène relativement récent, car elles se superposent à tout le relief lunaire et n'ont point subi de remaniement important. Il est à remarquer à ce sujet que les deux points de la Lune où l'on est le mieux fondé à croire qu'un changement s'est accompli à l'époque moderne sont justement deux centres d'émission de traînées. Le premier est Linné, petite auréole blanche où de nombreux observateurs ont signalé avant 1866 un cratère bien apparent, et où l'on ne trouve plus aujourd'hui qu'un orifice infime, invisible du reste sur la photographie projetée. Le second est Messier, que nous avons mentionné tout à l'heure pour sa ressemblance avec une queue de comète. Au témoignage de Beer et Mædler, qui ont étudié cet objet avec une attention particulière, les deux cirques placés à l'origine de la double traînée étaient rigoureusement semblables de 1830 à 1836. Aujourd'hui, tout le monde en demeure d'accord, ils diffèrent de forme et de grandeur. Quelle est, dans les deux cas, la nature du changement physique qui s'est accompli? Personne ne s'est risqué à le dire, et les autres exemples de changements que l'on a signalés sont encore moins nets. Il faut en prendre notre parti. Aucune formation lunaire de quelque importance ne s'est développée sous nos yeux et, pour reconstituer l'histoire passée, il faut procéder par analogies et par conjectures.

(A suivre.)

P. PUISEUX,
Astronome adjoint
à l'Observatoire de Paris.

HISTOIRE DES SCIENCES

LES TRAVAUX DE PAUL HAUTEFEUILLE.

Paul Hautefeuille est né en 1836. En 1858 il sortait de l'école centrale; porté par ses goûts vers les recherches expérimentales, attiré par les sciences physiques, tenté par les sciences biologiques, il prenait simultanément ses inscriptions à la Faculté des sciences et à la Faculté de médecine, entrait, sur la recommandation de J.-B. Dumas, au laboratoire de l'école normale et, en 1865, soutenait ses deux thèses de doctorat.

FIG. 1.
PAUL HAUTEFEUILLE.

Le laboratoire de l'école normale, alors dirigé par Henri Sainte-Claire Deville, était devenu, sous son influence, par l'éclat de ses travaux, l'un des principaux centres dans le monde entier du haut enseignement de la chimie. Là se fixèrent les hésitations de Hautefeuille, là son esprit neuf reçut la forte empreinte des enseignements du maître, là il connut les premières émotions du chercheur et consacra vingt-cinq années de sa vie à édifier l'œuvre qui lui valut de voir son nom à son tour inscrit parmi les noms des maîtres.

Hautefeuille a publié seul ou en collaboration une centaine de notes ou de mémoires; nous n'en donnerons qu'un extrait, mais qui suffira, nous l'espérons, pour montrer à quels principes élevés et sûrs cet esprit original et ingénieux demanda toujours son inspiration et sa direction.

Synthèse minéralogique. — On doit à S.-C. Deville une méthode nouvelle de production des combinaisons cristallisées, méthode qui lui servit à préparer un grand nombre d'espèces minérales naturelles et dont nous rappellerons brièvement le principe : la substance amorphe qu'il s'agit de faire cristalliser est mise en pré-

sence d'un « agent minéralisateur » gazeux à haute température; ses éléments se séparent et entrent dans deux combinaisons gazeuses. A une température plus basse, la réaction inverse se produit et les éléments repassent du groupement nouveau au groupement ancien. Mais la reconstitution surprend les molécules dans un état de dissémination qui en permet l'orientation et l'arrangement cristallin. La réaction destructive de la matière amorphe est bien capable de détruire les cristaux eux-mêmes, mais elle fait disparaître d'abord les plus petits et se trouve limitée par la réaction inverse, qui augmente surtout les plus gros; de telle sorte qu'à la fin de l'expérience, la matière amorphe disparue, par une « volatilisation apparente », des parties chaudes de l'appareil, se retrouve condensée en quelques cristaux dans les parties froides.

Le premier travail de P. Hautefeuille a pour objet la synthèse des espèces minérales formées par l'acide titanique. Il découvre dans l'acide fluorhydrique un agent qui lui permet de réaliser la minéralisation dans des limites de température étendues, et à l'aide duquel il réussit à faire cristalliser l'acide titanique sous les trois formes du « *rutile* », de la « *brookite* » et de l'*anatase* » (fig. 3).

Revenant plus tard aux recherches qui ont marqué ses débuts, il apporte à la méthode de S.-C. Deville une généralisation féconde : à l'agent minéralisateur gazeux il substitua un agent fondu et obtint la cristallisation à la suite non plus d'une volatilisation, mais d'une « dissolution apparente ». Comme dissolvants apparents, il emploie surtout les tungstates, vanadates, molybdatés alcalins, sels qui, cédant ou reprenant, selon les variations de température, une portion de leur alcali, provoquent entre les éléments à minéraliser la formation de groupements alternatifs. Il reproduit ainsi le *quartz*, les *feldspaths albite* et *orthose*, l'*oligoclase*, les *leucites* et les *néphélines*; et comme, plus tard, avec Péan de Saint-Gilles, il obtient les *micas* en maintenant en fusion pâteuse des scories fluorées, on peut dire que la science lui est redevable de la reproduction de toutes les espèces caractéristiques des roches plutoniques acides.

A l'aide des mêmes agents, il prépare en outre un très grand nombre d'espèces nouvelles et arrive même, par un résultat remarquable, à des espèces exemptes d'alcali, parmi lesquelles quelques pierres rares : le *zircon*, la *phénacite*, l'*émeraude*.

Enfin, par recours à des agents variés, il obtient les *pyroxènes*, les *péridols*, la *cymophane* et, en collaboration avec M. Margottet, les intéressantes combinaisons de l'acide phosphorique avec la silice...; etc.

Tantôt la synthèse d'une espèce lui fournit un contrôle de l'analyse des échantillons naturels, tantôt elle vient remplir un vide dans les cadres d'une famille, ou elle fixe le type d'une famille nouvelle qui manque encore de représentant dans nos collections. Elle lui permet de mettre en évidence l'influence de la température sur les formes de la cristallisation, en lui donnant à volonté dans un même milieu la silice sous les deux formes de la *tridymite* et du quartz, l'acide titanique sous les trois formes du rutile, de la brookite et de l'anatase, le phosphate de silice sous quatre formes également incompatibles. Elle lui montre comment les formes dominantes du quartz sont modifiées sous l'influence de la température, et se rapprochent d'autant plus de celles du quartz des filons que la température de production est moins élevée; comment, dans la préparation de l'émeraude, ces formes dominantes se trouvent sous l'influence des remplacements isomorphiques.

Enfin, affranchissant les chimistes de la préoccupation exclusive de copier les procédés de la nature, P. Hautefeuille démontre par ses propres travaux que le choix le plus varié des procédés de synthèse, en multipliant les acquisitions de la minéralogie, en nous fournissant sur la structure intime des cristaux des détails entièrement nouveaux, sert le mieux les intérêts les plus généraux de la science.

Dissociation et transformations allotropiques. — Rappelons en quelques lignes ce que S.-C. Deville avait désigné sous le nom de dissociation :

Toute combinaison décomposable par la chaleur subit, à des températures inférieures à celle de sa décomposition totale, une décomposition partielle, une *dissociation*. Deux éléments aptes à se combiner contractent, à des températures inférieures à celle de leur combinaison totale, une combinaison partielle. La décomposition partielle, la combinaison partielle s'arrêtent, à une température donnée, dès que les éléments gazeux devenus libres ou restés libres ont acquis une tension fixe, déterminée pour cette température, la même quel que soit le sens du phénomène.

Cette tension, dite *tension de dissociation*,

varie avec la température et généralement dans le même sens qu'elle.

La tension de dissociation augmentant en général, et même rapidement, quand la température s'élève, il semblait naturel de s'attendre

cium passe sur du silicium chauffé au rouge blanc dans un tube de porcelaine, le silicium se transporte dans une région relativement froide du tube comme s'il était volatil ; c'est que le chlorure de silicium se combine au rouge blanc avec le

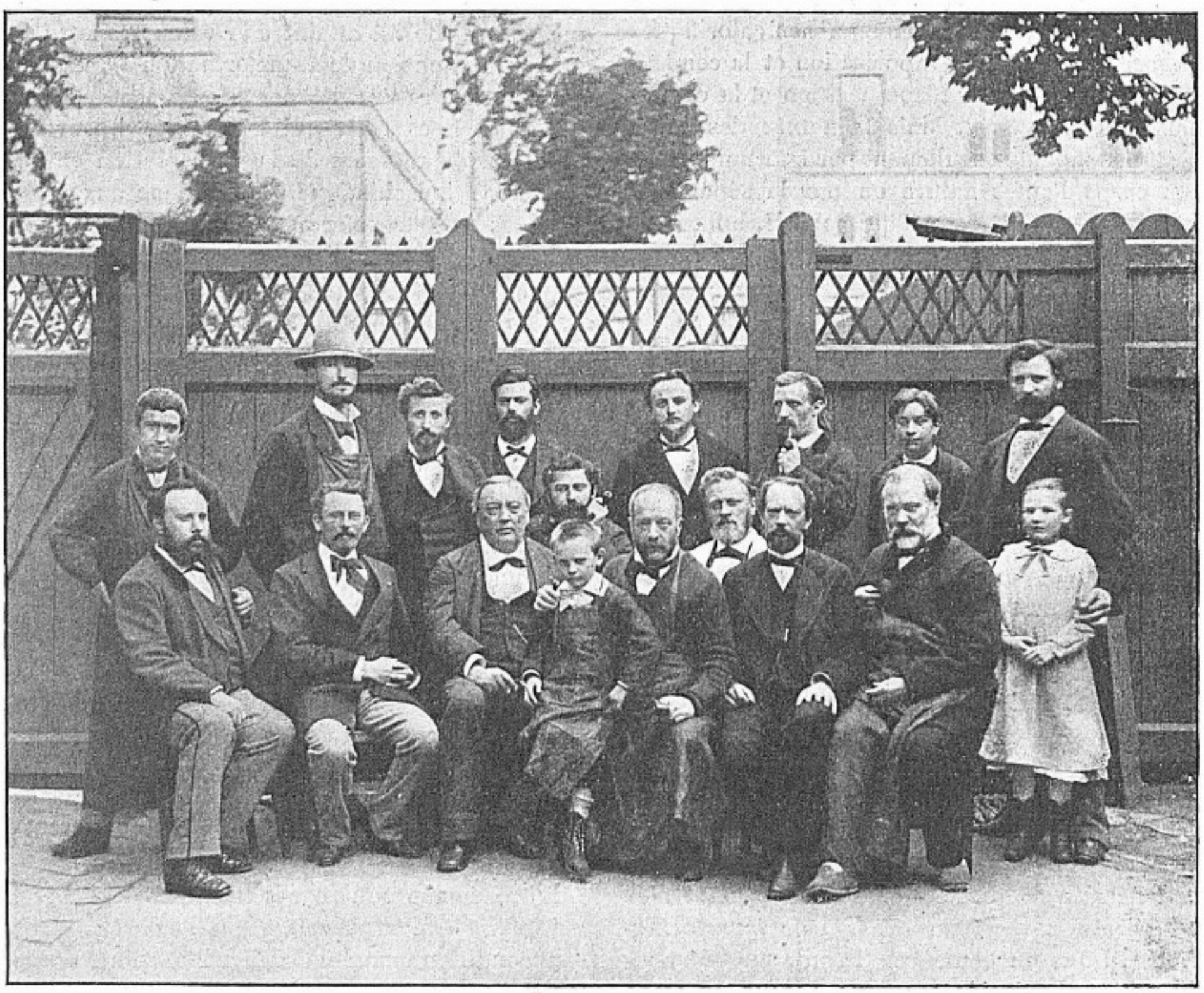


FIG. 2. — GROUPE D'ÉLÈVES D'HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE (ÉCOLE NORMALE, 1880).

à voir, à une température suffisamment élevée, les corps dissociables complètement décomposés. Les recherches faites en collaboration par Hautefeuille et M. Troost ont cependant démontré qu'il existe des composés capables de prendre naissance à une température supérieure à celle de leur décomposition.

Ainsi lorsqu'un courant de chlorure de silicium passe sur du silicium chauffé au rouge sombre, avec régénération de chlorure de silicium et dépôt du silicium combiné. Ce souschlorure, si on a le soin de le soustraire rapidement à l'action des températures intermédiaires, se montre stable aux basses températures; il

possède donc un maximum de tension de dissociation.

Hautefeuille et M. Troost ont d'ailleurs établi que cette anomalie n'est pas unique; il est donc possible que des combinaisons incapables de résister à la chaleur de nos foyers existent dans l'atmosphère du soleil.

S.-C. Deville avait montré la complète analogie existant entre les phénomènes calorifiques qui accompagnent la vaporisation et la condensation d'une part, la décomposition et la combinaison d'autre part. Mais la nature des corps n'est pas modifiée seulement par leur union avec des corps d'autre nature ou par la séparation de leurs éléments. Il en est qui, sous des influences purement physiques, éprouvent dans l'ensemble de leurs propriétés générales des transformations profondes, sans que cependant leur nature chimique ait été le moins du monde altérée. Hautefeuille et Troost ont étudié les transformations *allotropiques* des corps qui peuvent prendre l'état gazeux et trouvé les lois auxquelles obéissent les phénomènes de cet ordre :

Gay-Lussac avait reconnu que, dans la calcination du cyanure de mercure, il se forme à la fois du cyanogène gazeux et un corps solide et fixe de même composition, de propriétés différentes, le paracyanogène.

Dans un premier travail, Hautefeuille et Troost réalisent la transformation par la chaleur du paracyanogène en cyanogène, du cyanogène en paracyanogène, et montrent que toutes deux sont limitées par la tension du gaz cyanogène, tension qui se fixe invariablement quand la température est constante, qui est la même quel que soit le sens du phénomène et qui croit avec la température. C'est la « *tension de transformation* ». Dans un deuxième travail, sur la transformation de l'acide cyanique gazeux en acide cyanurique ou cyamélide, ses allotropes solides, ils établissent une distinction fondamentale entre la tension maxima de vaporisation et la tension de transformation d'un même corps. Ils analysent enfin la transformation du phosphore : le phosphore ordinaire liquéfié se transforme à partir de 280° en phosphore rouge, comme l'acide cyanique liquéfié à 0° se transforme en cyamélide, rapidement et entièrement; s'il s'agit du phosphore en vapeur, il en est autrement. Par l'application d'une méthode nouvelle qui leur permet de mesurer la tension maxima d'un corps susceptible en même temps de se vaporiser et de se transformer, par des expériences nombreuses, toujours délicates, souvent dangereuses, Hautefeuille et Troost montrent que :

Entre les limites de température de 360°-580°, le phosphore blanc ou rouge, en se réduisant en vapeur, acquiert tout d'abord la tension maxima de vaporisation correspondant à la température à laquelle on opère. Cette tension diminue ensuite graduellement, la vapeur se condensant sous forme de phospore rouge, jusqu'à ce qu'elle ait atteint une valeur constante qui est la « tension de transformation » relative à cette température.

L'analogie complète relevée par S.-C. Deville entre les phénomènes de la vaporisation et de la composition chimique s'étend donc aux phénomènes de la transformation allotropique, et le travail de Hautefeuille et Troost marque un grand pas fait dans la voie de l'identification des forces qui interviennent dans les phénomènes physiques et chimiques.

On sait que l'oxygène soumis à l'électrisation et notamment à l'influence de l'effluve sous faible tension, se transforme en ozone, gaz plus condensé, doué d'une activité chimique incomparablement plus grande que celle de l'oxygène lui-même. La transformation allotropique de l'oxygène en ozone a été, à son tour, l'objet des recherches de Hautefeuille et de M. Chappuis.

Opérée à des températures élevées, elle obéit probablement aux lois de la dissociation des systèmes homogènes, comme Hautefeuille et M. Troost l'avaient reconnu. Mais aux températures basses ou moyennes la décomposition de l'ozone est toujours totale, la réversibilité de la transformation ne s'observe plus.

L'ozone est produit par le passage de l'effluve, qui place « momentanément » l'oxygène dans des conditions analogues à celles d'un corps jouissant de la propriété de se combiner directement à lui-même ou de se polymériser sous l'action de la chaleur. Il était indispensable d'exécuter ces expériences sous des températures et à des pressions fixes : or, si la température du gaz peut être incessamment « ramenée » à un degré fixe de l'échelle thermométrique, celle qu'il prend « lors du passage de l'effluve » reste inconnue; il en est de même pour la pression. Il est donc nécessaire que, dans une même expérience ou dans des expériences dont les résultats devront être comparés, le mode de décharge soit invariable.

En dépit de l'erreur, probablement faible d'ailleurs, qu'impliquent ces réserves, Haute-

feuille et M. Chappuis sont parvenus à établir que la transformation allotropique du gaz « soumis à l'effluve électrique » obéit aux mêmes lois que la dissociation des composés gazeux.

densé sous une pression de 125 atmosphères, à une température inférieure à — 100°, en un liquide bleu indigo, et ont constaté qu'il est explosif.

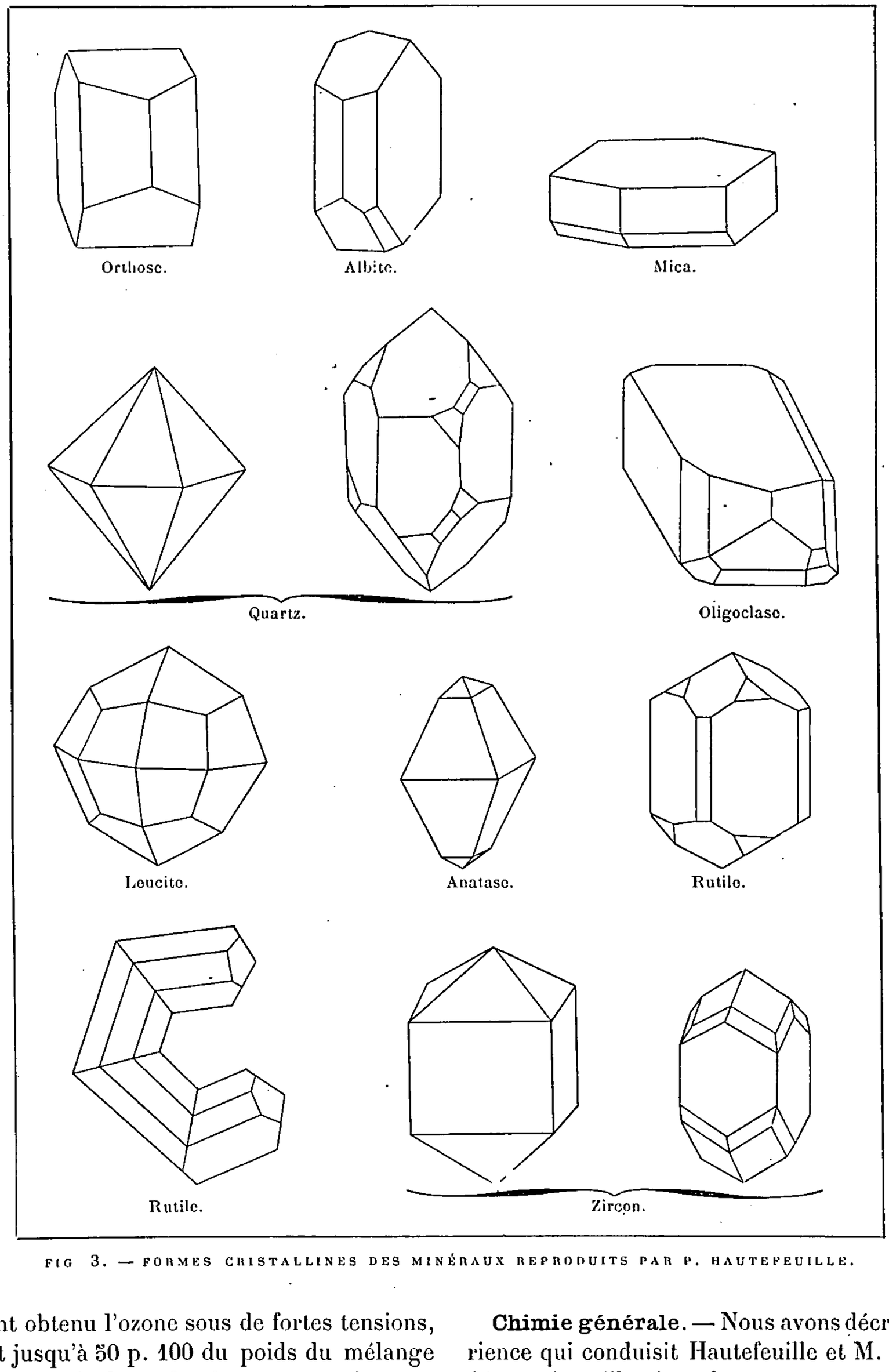


FIG 3. — FORMES CRISTALLINES DES MINÉRAUX REPRODUITS PAR P. HAUTEFEUILLE.

Ils ont obtenu l'ozone sous de fortes tensions, formant jusqu'à 50 p. 100 du poids du mélange gazeux, et mis hors de doute son existence, encore contestée. Ils ont montré qu'il possède une couleur bleue caractéristique, l'ont con-

Chimie générale. — Nous avons décrit l'expérience qui conduisit Hautefeuille et M. Troost à découvrir qu'il existe des corps possédant une tension maxima de dissociation. Dans cette expérience, le silicium subissait une volatilisation

apparente due à la formation au rouge blanc d'un sesquichlorure de silicium qui ne pouvait traverser les parties de l'appareil chauffées au rouge sombre sans se décomposer. Les expérimentateurs réussirent à soustraire le composé nouveau à l'action dangereuse de la chaleur en le refroidissant subitement, dans le tube même et aussitôt après sa formation, à l'aide d'une disposition merveilleusement ingénieuse due à S.-C. Deville.

Avec le sesquichlorure, exigeant même une température encore plus élevée pour se former, prend naissance un protochlorure de silicium.

Sesquichlorure et protochlorure sont décomposés par l'eau avec production d'oxydes correspondants.

En outre, lorsque l'oxygène intervient dans l'action du bichlorure de silicium sur le silicium, il se forme une série d'oxychlorures de plus en plus oxygénés, de plus en plus condensés, dont Hautefeuille et M. Troost ont étudié les dérivés éthérés et amidés.

Enfin le fluorure de silicium est transformé, dans les mêmes conditions que le chlorure, en sous-fluorure.

Les mêmes collaborateurs ont préparé les combinaisons de l'hydrogène avec le potassium et le sodium, entrevues par Gay-Lussac et Thénard. Ces combinaisons, renfermant 2 équivalents du métal alcalin et 1 équivalent d'hydrogène, ont tout l'aspect d'alliages métalliques; elles se dissocient entre 330 et 440°; la première s'enflamme à l'air. Leur nature chimique a été établie par la même méthode dont Hautefeuille et Troost se sont servis pour reconnaître la nature véritable du palladium hydrogéné de Graham. Ce corps est, en réalité, une combinaison de 2 équivalents de palladium avec 1 équivalent d'hydrogène, combinaison qui dissout jusqu'à 380 fois son propre volume d'hydrogène libre. Si plusieurs fois de suite on fait le vide dans le vase qui renferme le palladium hydrogéné chauffé à température constante, on constate que la tension fixe atteinte par le gaz dégagé va d'abord en diminuant dans les opérations successives; puis on observe que la tension atteinte est la même dans deux opérations consécutives. A partir de ce moment, l'hydrogène dégagé par le palladium n'est plus de l'hydrogène dissous, mais de l'hydrogène dissocié d'une combinaison définie, dont la composition se trouve ainsi déterminée.

Leurs recherches sur l'ozone ont été, pour Hautefeuille et M. Chappuis, l'occasion de la découverte et de l'étude ingénieuse d'un composé nouveau et très intéressant : l'acide pernitrique. Il se forme dans l'électrisation à faible tension d'un mélange parfaitement sec d'oxygène et d'azote et, dès qu'il a atteint sa tension maxima, il se décompose brusquement, entraînant l'ozone dans sa décomposition. Décelé par son spectre, il ne se forme qu'en quantité très faible et, comme il possède une tension de vapeur très forte, on ne peut le recueillir en le condensant hors de l'appareil à effluves. Hautefeuille et Chappuis sont cependant parvenus à reconnaître ses principales propriétés, à l'analyser et à déterminer son équivalent.

A peine avons-nous passé en revue la moitié des travaux publiés par Hautefeuille, et nous n'en avons pu mettre en lumière que les résultats les plus importants. Nous devons maintenant nous borner à la simple énumération des contributions qu'il a encore apportées à la science :

En collaboration avec son maître S.-C. Deville, il a mesuré les propriétés explosives du chlorure d'azote.

En collaboration avec M. Troost, il a fixé le rôle important que joue le manganèse dans la métallurgie du fer, mesuré les chaleurs de combustion de l'acide cyanique et de ses isomères, du bore, du silicium, des diverses variétés de phosphore rouge; il a exécuté des recherches sur la dissolution des gaz dans les fontes, fers et aciers, sur la détermination des densités de vapeur; il a obtenu des oxychlorures de Zirconium et de Titane, etc.

Au cours de sa collaboration avec M. Chappuis, il a étudié une des causes de la production de l'acide nitrique dans la nature, découvert un composé nouveau renfermant les éléments des acides pernitrique et perchlorique et fait d'intéressantes observations sur l'effluve électrique.

En collaboration avec M. Cailletet, il a montré que, contrairement à la conception d'Andrews, la matière ne passe point par degrés insensibles de l'état liquide à l'état gazeux; il a mesuré la densité de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote liquéfiés.

En collaboration avec M. Margottet, il a apporté à l'histoire de l'acide phosphorique une intéressante contribution à laquelle nous n'avons fait qu'une courte allusion en signalant le polymorphisme du phosphate de silice.

Enfin il a donné une confirmation curieuse du

mécanisme de la cristallisation par réactions inverses; il a fait, sur la dissociation de l'acide iodhydrique, une étude que M. G. Lemoine a publiée comme préface à son beau mémoire sur le même sujet; il a découvert un troisième anhydride de l'acide phosphorique, préparé par une méthode nouvelle, et pour la première fois, les oxychlorures d'aluminium, découvert les phénomènes de rochage des vanadates dans l'oxygène, de l'or et de l'argent dans la vapeur de phosphore..., etc.

Qu'il nous soit permis de dire en quelques mots ce que fut la vie d'Hautefeuille, vie que l'on pourrait croire remplie par le travail, absorbée par la science, et qui fut, pour la plus grande part, consacrée à une tâche touchante et douloureuse. Hautefeuille arrivait à peine à l'âge d'homme lorsque sa mère fut atteinte d'une maladie terrible : elle prit le lit pour le garder vingt ans. De ce jour, son fils s'installa à son chevet, dévoué, tendre, attentif. D'une santé débile lui-même, souffrant trois jours par semaine de violentes migraines, donnant aux soins de la malade la moitié de ses nuits, il rentrait en hâte des cours, interrompait brusquement ses courtes séances de laboratoire pour apporter à sa mère un soin, un encouragement, la joie de sa présence. Quand il l'eut perdue, ce fut la santé de son père qui, à son tour, absorba sa sollicitude : pendant six ans il ne bougea pas de Paris, se refusant à un éloignement d'un seul jour.

La jeunesse avait passé sans lui laisser le souvenir d'autres joies que celles de l'abnégation. L'âge mûr lui apporta, avec la douceur d'une affection dévouée et chère, un peu de la tranquillité du cœur nécessaire à l'activité de l'esprit. Toute cette activité, il la dépensa au laboratoire, étranger aux pensées de l'ambition la plus légitime et son seul mérite agissant pour lui le porta de l'école normale à la Sorbonne, puis à l'Institut.

Tous ceux qui l'abordaient étaient séduits par l'affabilité de son accueil; ceux qui vivaient dans son entourage l'aimaient pour le charme et la simplicité de son commerce; sa bonté lui faisait trouver pour ses amis les attentions les plus délicates, celles qui allaient droit au cœur. Une seule personne pourrait dire combien de gens, dont il fut la providence discrète, ont payé à sa mémoire un tribut autrement précieux que le modeste hommage apporté ici au savant.

AD. PERREY,
Attaché au laboratoire de minéralogie (Sorbonne).

Tribune libre expérimentale

M J. Befleyte envoie les trois petites expériences suivantes, qu'il a reproduites plusieurs fois, et qui présentent l'avantage de ne rien coûter, étant faites avec des lampes à incandescence hors d'usage.

L'air est pesant. Mettre une vieille lampe à incandescence dans le plateau d'une balance, et lui faire équilibre au moyen d'une tare. Enlever la lampe, briser avec une pince la pointe effilée qui termine l'ampoule : l'air rentre en sifflant. Remettre sur le plateau de la balance l'ampoule et les éclats de verre : l'équilibre est rompu. Il est même inutile la plupart du temps de remettre les petits éclats de verre avec l'ampoule. Chacun peut ainsi répéter rapidement et économiquement la belle expérience de Galilée.

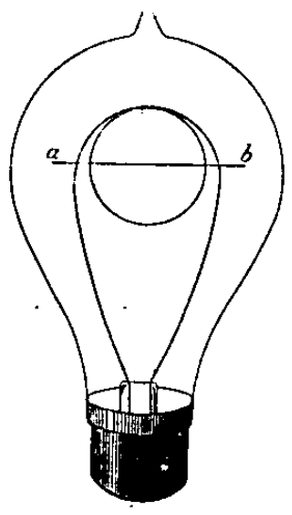


FIG. 1

Jet d'eau dans le vide. Fixer l'ampoule verticalement, la pointe plongeant dans un vase plein d'eau. Briser *sous l'eau* la pointe effilée : on a un petit jet d'eau dans l'ampoule.

Construction d'un voltamètre. Donner un coup de lime *ab* (fig. 1) sur l'ampoule; promener un charbon ardent autour de l'ampoule en commençant par le trait : on détache la calotte supérieure et il reste un très bon voltamètre. Il est bon de roder les bords à la lampe, ce qui est très facile le verre étant mince.

Ce voltamètre est surtout avantageux dans les maisons éclairées à l'électricité; avec une distribution à 90 volts la décomposition de l'eau est très rapide, ainsi que l'électrolyse des sels.

En résumé et d'une manière générale l'auteur propose d'utiliser la lampe à incandescence pour réaliser les expériences dans lesquelles le vide doit intervenir.

Communiqué par M. J. BEFFEYTE, licencié ès sciences. G. M.

VARIÉTÉ

UNE EXPÉRIENCE MANQUÉE.

Les naturalistes qui s'occupent des pêches dans les grandes profondeurs de la mer ne font pas toujours des tentatives heureuses et éprouvent parfois de cruelles déceptions. Les appareils qu'ils font construire à grands frais ne

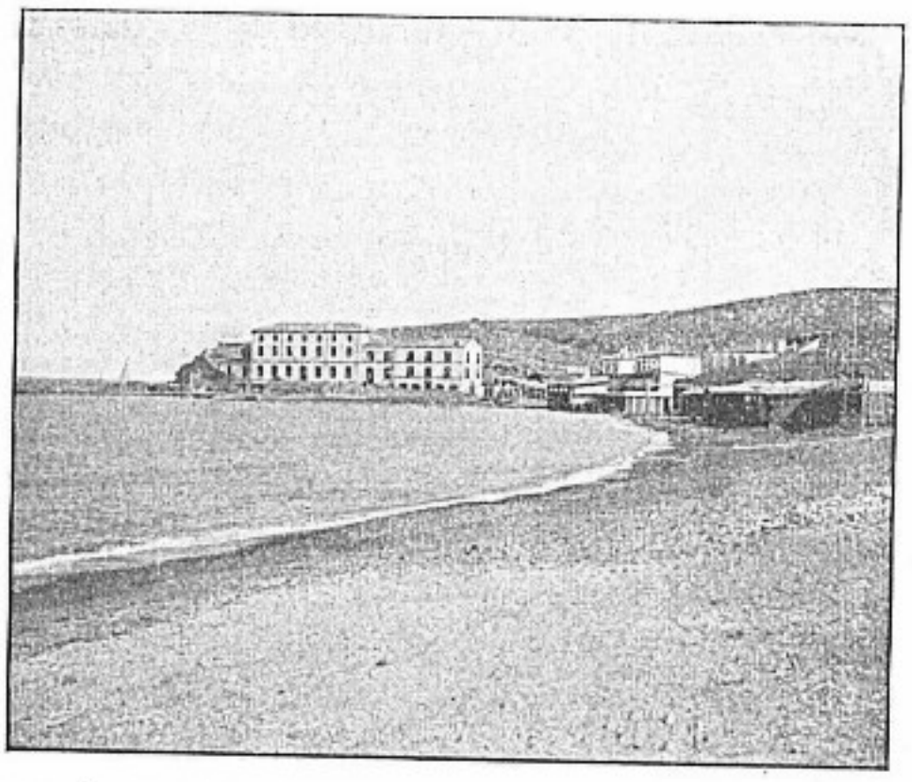


FIG. 1. — LABORATOIRE ARAGO A BANYULS-SUR-MER
(Dépendance de la Sorbonne).

fournissent que rarement les résultats espérés et un coup de mer suffit pour anéantir le travail de toute une campagne.

Il m'a paru piquant, dût mon amour-propre en souffrir, de raconter un de ces essais que le succès fut loin de couronner.

Il y a quelques années, j'allais régulièrement tous les printemps passer plusieurs mois au laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer ; la station maritime fondée par Henri de Lacaze-Duthiers (a), sur les bords de la Méditerranée, dans le département des Pyrénées-Orientales.

Ainsi qu'on peut le voir dans la première photographie (fig. 1), le laboratoire Arago est un vaste bâtiment en briques d'une grande simplicité. Aucune moulure, aucun ornement extérieur ne tranchent sur les lignes droites des murs et il a l'aspect, peu séduisant, d'une caserne égarée sur une pointe rocheuse.

Il est, cependant, très bien installé au point de vue des recherches. Chaque travailleur est logé dans un cabinet qui lui sert de laboratoire. La lumière entre à flots par une large fenêtre, à travers laquelle on aperçoit la mer bleue piquetée de bateaux et, dans le lointain, les premières maisons du village de Banyuls-sur-Mer.

Là-bas, on est très loin des agitations du monde civilisé. La grande distraction consiste à regarder la nappe d'eau qui s'étend jusqu'à l'horizon et l'on a tout le loisir de songer aux animaux encore inconnus, qui peuplent cette immense étendue d'eau salée.

Des animaux inconnus ? En existe-t-il encore, sur nos côtes ?

Il semble, en effet, qu'on a déjà catalogué un si grand nombre d'espèces, prises à la surface ou sur le fond de la mer, qu'il soit peu raisonnable d'escompter, du moins sur le rivage français, de nouvelles découvertes.

Le vrai peut quelquefois n'être pas vraisemblable. Malgré le nombre considérable de laboratoires de zoologie qui jalonnent nos principaux ports de la Manche, de l'Océan et de la Méditer-

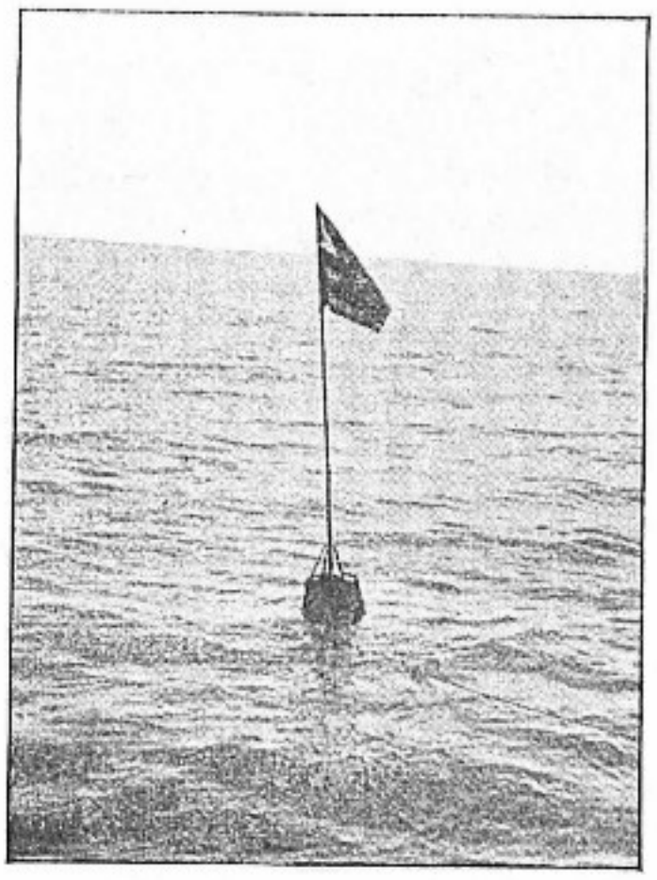


FIG. 2. — BOUÉE VISIBLE AU LOIN.

ranée, malgré l'importance de la flotte qui sillonne nos mers, j'ai tout lieu de croire qu'il existe encore de très intéressantes espèces, dont on ne peut, actuellement, que soupçonner la présence.

Je ne parle pas seulement d'animalcules microscopiques, difficiles à apercevoir et à conserver, mais de formes de grande taille.

« Comment se fait-il, dira le lecteur sceptique, que les naturalistes n'aient pu capturer jusqu'ici ces animaux hypothétiques ? »

Pour la raison très simple que les appareils employés pour la pêche ne sont pas encore suffisamment perfectionnés et que tout animal « *vivant entre deux eaux* », s'il est assez agile, doit échapper aux engins que l'on utilise actuellement.

Si les naturalistes continuent à employer exclusivement les pièges déjà connus, ils continueront aussi à pêcher à peu près uniquement les formes trouvées par leurs prédécesseurs. Si, au contraire, ils établissent leurs pièges sur des principes nouveaux, ils récolteront des espèces nouvelles qui ne pouvaient être capturées à l'aide des anciennes méthodes.

Ce n'est pas là une hypothèse basée sur une simple vue de l'esprit ; elle peut être étayée sur des exemples concluants.

Pendant la campagne scientifique effectuée par le prince de Monaco en 1895, par exemple, on fit la capture d'un cachalot de belle taille : il mesurait 13 m. 70.

Jusque-là, rien d'extraordinaire, le cachalot étant un type bien connu ; mais, au moment de mourir, l'animal harponné rejeta, dans les spasmes de l'agonie, plusieurs grandes pieuvres de plus d'un mètre de long.

Aidé des naturalistes qui l'accompagnaient, le prince fit ouvrir l'estomac du cétacé et l'on recueillit ainsi une centaine de kilogrammes de ces pieuvres plus ou moins bien conservées. Dans la suite, M. Joubin, le savant doyen de la Faculté des sciences de Rennes, qui a étudié ces matériaux, a reconnu la présence de nombreuses espèces nouvelles.

« Entre autres, j'ai trouvé, dit-il, parmi ces débris une couronne tentaculaire[1] d'un céphalopode dont le corps n'a pu être retrouvé. *Les bras musculeux qui la composent et dont chacun, bien conservé, est presque aussi gros que celui d'un homme, étaient couverts de grandes ventouses, armées d'une griffe acérée aussi puissante que celle des grands carnassiers.* Il restait près d'une centaine de ces ventouses encore adhérentes aux bras. »

Voilà un animal formidable, qui ne rappelle que de loin la pieuvre rêvée par Victor Hugo, et qu'il serait intéressant d'étudier autrement qu'au sortir de l'estomac d'un cachalot ! A quelle profondeur vit-il ? Est-il abondant dans les abîmes ? Autant de questions qui restent actuellement sans réponses.

Cette trouvaille dans le ventre d'un cachalot suffit, cependant, à nous montrer l'imperfection de nos instruments de pêche.

L'estomac du grand cétacé, ce piège qui marche à l'allure d'un de nos bateaux à vapeur, a mieux travaillé que la plus perfectionnée de nos dragues.

On ne peut, évidemment, songer à dresser à la chasse en grande profondeur des cachalots de 13 mètres de long, comme on dresse dans l'Inde le pélican pour la pêche du poisson ; mais cet exemple nous prouve avec évidence ce que j'affirmais précédemment : *Il y a encore dans nos mers des animaux de grande taille dont nous ne faisons que soupçonner l'existence.*

Je profitai de mes longs séjours au laboratoire Arago, pour essayer un genre de pêche que l'on n'a que bien rarement l'occasion de pratiquer, dans des conditions aussi favorables.

Il existe, en effet, dans le voisinage du cap Creus, situé seulement à quelques milles de la station maritime, près de la frontière espagnole, des fonds qui atteignent la profondeur de 500 à 1 000 mètres. Maintes fois déjà, les navires armés pour des expéditions scientifiques ont dragué, il est vrai, à des profondeurs plus considérables ; mais un navire est un objet flottant ; il ne peut prétendre à la fixité d'un laboratoire et ne fait que passer, sans espoir de retour.

De grandes profondeurs, dans le voisinage d'une station maritime, permettent au contraire de procéder à une exploration persévérante et, grâce au vapeur du laboratoire, je pouvais me proposer d'étudier, méthodiquement, cette région profonde dont M. Pruvot, le savant professeur de la Sorbonne et le directeur actuel du laboratoire, a fourni une carte détaillée.

Je fis installer une série d'engins, nasses, lignes de fond, filets en forme de poche se fermant automatiquement ; puis, après avoir constitué ce matériel de pêche, et fait établir de solides bouées, surmontées d'un drapeau (fig. 2) pour pouvoir retrouver les pièges immergés, je me mis en campagne.

Mon but était de jalonner méthodiquement les environs du cap Creus avec des engins

1. On désigne sous le nom de couronne tentaculaire l'ensemble des pieds ou des bras de la pieuvre.

variés de manière à explorer successivement les différents fonds, jusqu'aux extrêmes limites où pouvait atteindre notre petit vapeur.

Le tableau de ces pêches était photographié, après notre rentrée au laboratoire.

Un jour nous avions pris une dizaine de ces squales qui ne vivent que dans les profondeurs de l'Océan et qu'on désigne sous le nom de *Centrophorus granulosus*.

C'est une espèce voisine qui sert sur la côte de Portugal à faire le fameux galuchat et que les Portugais ont pris l'habitude de pêcher à la ligne par 1 000 et 1 200 mètres de profondeur.

La présence de ces squales aux yeux énormes, totalement inconnus des pêcheurs de la région, suffit à prouver l'intérêt de ces recherches, qui, pour donner leur entier résultat, devront être poursuivies pendant de longues années.

Grâce au développement constant du laboratoire Arago, j'espère que le programme que je m'étais tracé et que j'ai à peine ébauché, sera réalisé plus tard dans de bonnes conditions. J'ai gardé de ces pêches, rendues cependant pénibles par les moyens insuffisants que j'avais à ma disposition, le souvenir le plus pittoresque.

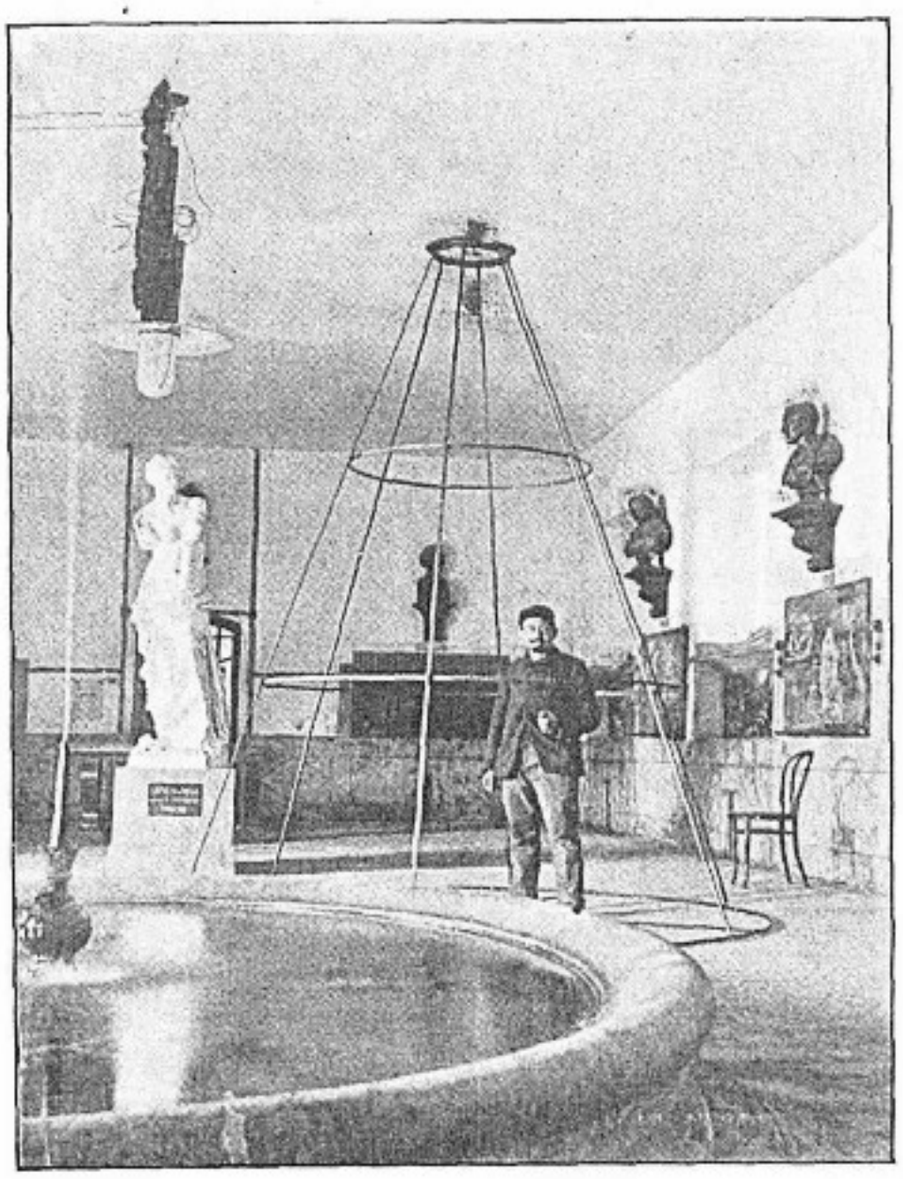


FIG. 3. — CHARPENTE PRINCIPALE DE L'APPAREIL.

Pendant que descendaient les appareils, opération qui demandait souvent plusieurs heures, je m'appuyais contre le mât et, tout en surveillant la manœuvre, je supputais le nombre d'animaux qui, dans le kilomètre d'eau qui se trouvait sous nos pieds, échappaient à nos pièges inertes et je combinais des engins que je ne pouvais faire fonctionner qu'en imagination : c'est alors que je résolus de faire construire l'appareil dont je vais parler maintenant.

Le laboratoire possède un atelier de mécanique bien outillé, avec des machines à vapeur, des tours et des machines-outils de toute sorte.

Après avoir longuement conféré avec le mécanicien de la station, j'établis un plan définitif.

Qu'on se figure une grande crinoline de trois mètres de haut, en fer forgé — telle était la charpente principale de l'appareil. — Cette crinoline représentait, en effet, l'armature extérieure du piège en question et c'est elle que l'on aperçoit dans l'aquarium du laboratoire (fig. 3). — L'homme posté dans son intérieur donne une idée exacte de sa taille.

Extérieurement, je fis placer un filet à mailles fines, analogue à celui que l'on emploie pour la pêche des éperlans. La crinoline de fer devenait, ainsi, une vaste poche fermée sur son pourtour par les mailles du filet, largement ouverte d'un côté et coiffée, dans sa portion rétrécie, par un récipient en zinc, muni de filtres en étamine (fig. 4).

Dans l'intérieur de cette première poche venait s'encastrer une deuxième armature de moindre dimension, insérée dans la première et présentant une ouverture centrale, béante. Cette deuxième armature était munie, comme la première, de filets à mailles fines, et était destinée à retenir les proies qui viendraient s'engager dans la poche principale.

En somme, l'engin ainsi constitué représentait une nasse géante que je pensais pouvoir traîner à toute vitesse entre deux eaux, à l'aide du vapeur de la station ; j'espérais que, grâce à ses dimensions inaccoutumées, elle pourrait saisir au passage, pour ainsi dire *au vol*, les animaux agiles et qu'elle jouerait le rôle de l'estomac du cachalot.

Je laisse à penser avec quel soin je surveillai l'édification de ce piège. David, le sympathique mécanicien du laboratoire, déploya tout son zèle pour effectuer le montage et assurer la solidité de la charpente qui devait être soumise à de si rudes épreuves. Je pris, de mon côté, mille précautions pour donner aux mailles du filet la cou-

leur de l'eau et les rendre invisibles par des teintures appropriées.

Enfin l'engin est prêt. On le hisse à bord du vapeur et je prends une série de photographies représentant la manœuvre

Le voilà à l'arrière du petit vapeur suspendu à la vergue et bien calé pour éviter tout accident.

En route pour la haute mer !

Au départ, l'opération s'annonce à souhait, l'eau est calme dans la baie et la brise souffle à peine. Malheureusement, au large, il n'en est plus de même, le vent fraîchit et la houle se forme.

Peut-être serait-il plus prudent de remettre l'opération et de rentrer au logis? ainsi que me le conseillent les travailleurs du laboratoire qui sont venus assister à cet essai ; mais, je grille d'envie de voir fonctionner le nouvel appareil et je persiste à vouloir l'essayer malgré les conditions défavorables.

Le voilà qui se balance au-dessus de l'eau

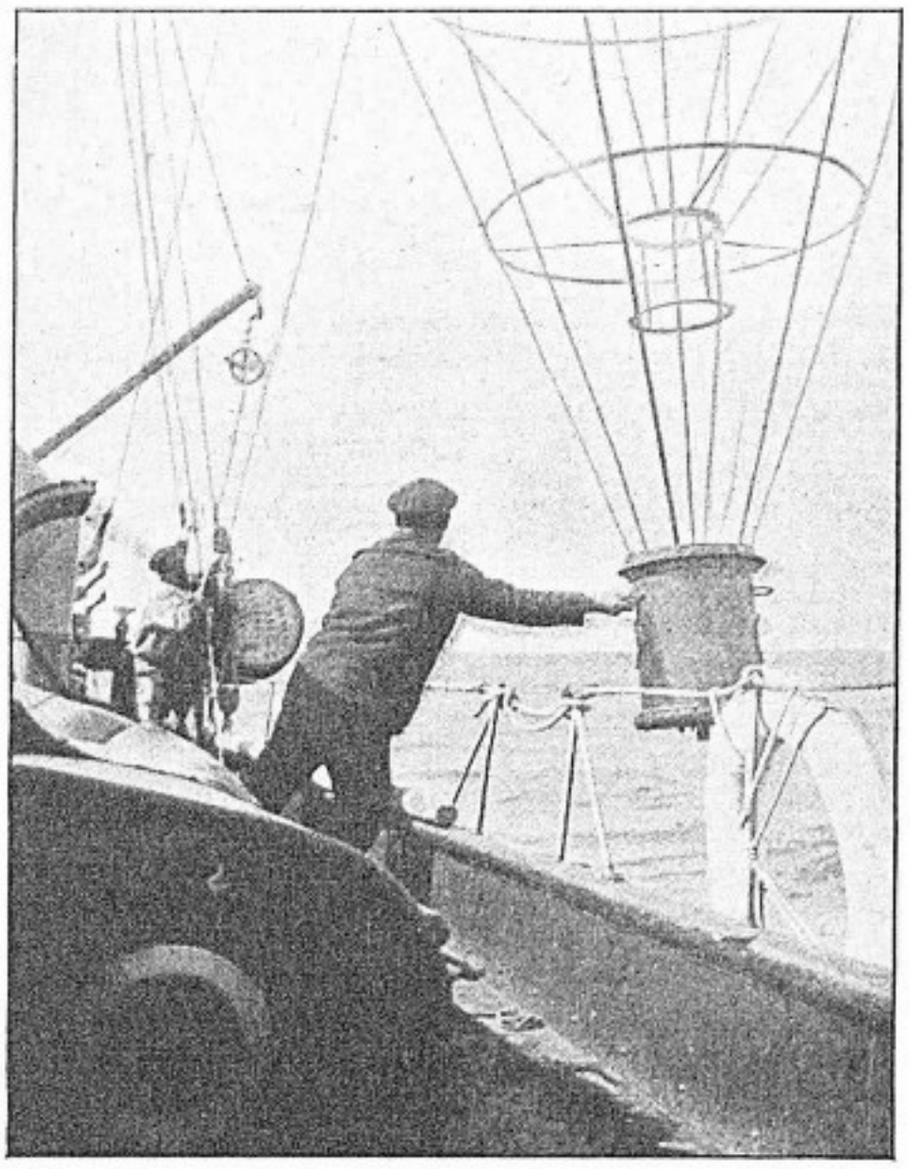


FIG. 4. — PRÉPARATIFS D'IMMERSION.

(fig. 4). Le vapeur stoppe, je commande le « lâchez tout », l'appareil s'enfonce dans le sillage du bâtiment qui reprend sa marche en avant.

Quart d'heure d'anxiété ! l'engin va-t-il rapporter les merveilles rêvées?

Je donne l'ordre de le ramener à bord et le voilà qui émerge à la surface, lamentable,

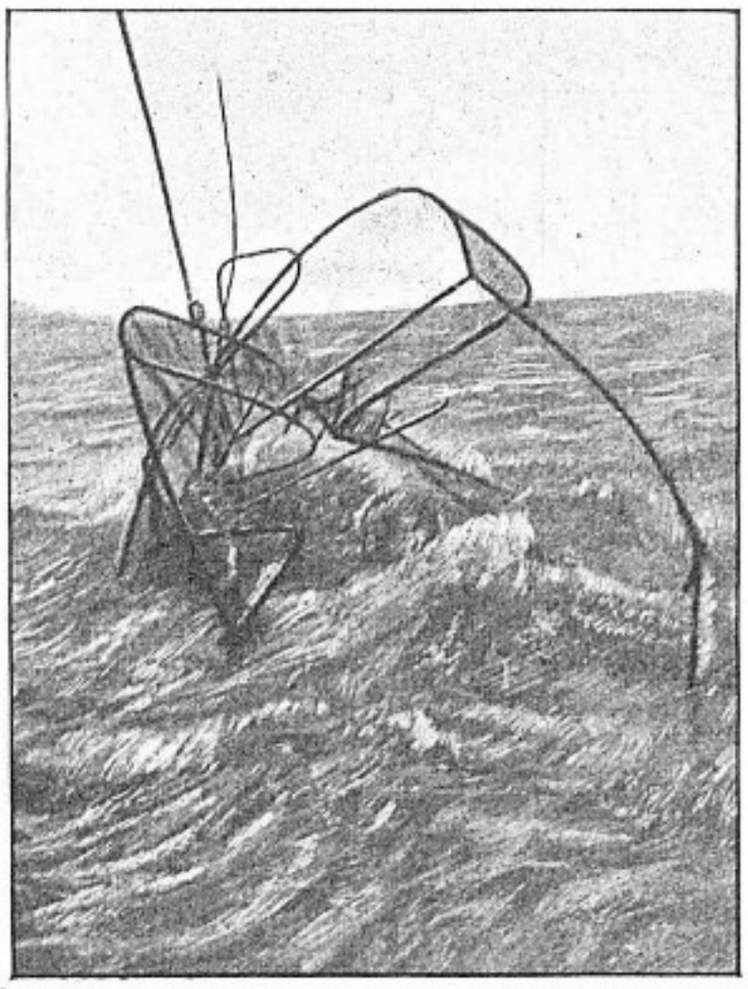


FIG. 5. — RÉSULTAT DE L'EXPÉRIENCE.

brisé, n'ayant plus qu'un aspect misérable : quelques barres de fer tordues, portant des loques de filets.

Le beau rêve s'est envolé et c'est très mélancoliquement que je photographie ce cadavre.

L. BOUTAN,
Maître de conférences à la Sorbonne.

(*a*) Henri de *Lacaze-Duthiers* est né à Montpezat (Lot-et-Garonne) le 15 mai 1821. Il a débuté dans la carrière de l'Enseignement en 1848 comme préparateur de zoologie à la Faculté des Sciences de Paris. Après avoir enseigné à Lille, à l'Ecole normale supérieure, puis au Muséum, il fut appelé à la chaire de zoologie, physiologie et anatomie comparée de la Sorbonne en 1868. Il occupa cette chaire jusqu'à sa mort, c'est-à-dire pendant plus de trente-deux ans.

M. de Lacaze-Duthiers a enrichi la science de nombreux travaux. Citons ses longues recherches sur l'histoire naturelle du Corail et sur les Coralliaires qui ont donné lieu à une publication remarquable.

On lui doit encore les *Archives de zoologie expérimentale* (1872) où sont consignés les principaux progrès de cette science.

Sa passion pour l'étude de la forme marine lui fit fonder, en 1872, le laboratoire de Roscoff et en 1881 celui de Banyuls-sur-Mer.

C'est dans l'enceinte du laboratoire Arago, son œuvre et son séjour de prédilection, près de cette Méditerranée qui lui avait donné ses premières joies de naturaliste, qu'il repose maintenant.

G. M.

Revue critique des Travaux scientifiques.

PHYSIOLOGIE

Les récentes recherches sur le diabète pancréatique.

On sait que les pathologistes distinguent plusieurs sortes de diabète; en particulier, ils séparent nettement le diabète gras du diabète maigre. Cette dernière forme est ainsi appelée parce que le malade qui en est atteint maigrit progressivement et rapidement; en même temps l'élimination du sucre est énorme et la mort arrive fatalement.

Le diabète maigre résulte d'une altération du pancréas. Lancereaux le premier l'établit chez l'homme. Les physiologistes étendirent ensuite cette notion aux autres Mammifères et même aux Oiseaux et aux Reptiles. Ils virent qu'un animal auquel on a fait l'ablation du pancréas présente tous les symptômes du diabète maigre, et qu'il ne tarde pas à succomber dans un état de maigreur extrême.

Chose curieuse, si un petit morceau de pancréas a été greffé sous la peau, on peut, lorsqu'il a bien établi ses connexions vasculaires, enlever tout le reste du pancréas, toute la portion adhérente à l'intestin sans que le diabète apparaisse.

Vient-on alors à enlever en plus cette petite greffe sous-cutanée, aussitôt le diabète apparaît. L'analyse et la discussion de ces faits conduisent aux conclusions suivantes : ce n'est point par la suppression des fonctions digestives de la glande que l'ablation du pancréas produit le diabète maigre, mais par la suppression de la sécrétion interne de la glande.

Tout se passe en effet comme si, en dehors de la sécrétion du suc pancréatique qui s'écoule dans l'intestin et qui sert à la digestion, il y avait une autre sécrétion impossible à recueillir puisque, à mesure de sa formation, elle se déverse dans les capillaires de la glande et est emportée, diluée dans le torrent circulatoire.

Nous connaissons les cellules qui sécrètent le suc pancréatique: elles forment les acini de la glande et on peut presque suivre leur travail de sécrétion sous le microscope au moment de la digestion. Mais quels sont les éléments anatomiques qui sont le siège de la sécrétion interne? M. Laguesse, se fondant sur des dispositions anatomiques, crut pouvoir annoncer dès 1893 que ces cellules n'étaient autres que celles qui avaient été décrites autrefois par Langherans. Ces éléments réunis sous forme d'îlots (*Ilots de Langherans*) dont la disposition varie chez les différentes espèces animales, ont cependant comme trait constant d'être groupés autour des vaisseaux avec lesquels ils contractent des relations évidentes.

Cette hypothèse séduisante de Laguesse suggérée par disposition anatomique vient de recevoir une double confirmation.

D'abord les recherches expérimentales ont montré que la ligature du ou des canaux excréteurs du pancréas amenait l'atrophie des acini glandulaires devenus inutiles, tandis que les *îlots de Langherans* persistaient et continuaient à verser dans le sang le ferment utile à la consommation du glucose dans l'organisme.

Remarque identique en ce qui concerne les greffes sous-cutanées du pancréas.

Les recherches cliniques sont venues ensuite apporter une nouvelle preuve à la théorie de Laguesse. Il existe des formes de pancréatite qui ne s'accompagnent pas de diabète; on constate que dans ces formes les cellules glandulaires sont détruites ou profondément lésées tandis que les cellules des *îlots de Langherans* sont intactes. Au contraire, à l'autopsie de certains malades ayant succombé à un diabète pancréatique typique, un examen superficiel ne relève aucune altération évidente, mais un examen histologique soigné montre une lésion nettement systématisée aux *îlots de Langherans*.

A vrai dire, cette altération des cellules des îlots n'a pas été trouvée par tous les anatomo-pathologistes, mais il est juste de remarquer qu'elle est quelquefois difficile à mettre en évidence, et les faits publiés par Opic sont tellements nets, qu'on est en droit d'espérer que de nouvelles recherches entreprises dans des conditions de précision désirable viendront consacrer définitivement la théorie de Laguesse, et, il faut le souhaiter, ouvrir une nouvelle voie aux recherches physiologiques qui permettent la guérison de cette grave forme de diabète.

Recherches sur le liquide céphalo-rachidien.

Les parties centrales du système nerveux : le cerveau et la moelle épinière, en raison de leurs fonctions très délicates, ont besoin d'une protection très efficace contre les chocs extérieurs; aussi sont-ils contenus à l'intérieur de cavités osseuses résistantes : le crâne et le rachis; ils y sont non seulement contenus, mais « emballés », afin que dans les déplacements brusques du corps il ne viennent pas frapper contre les parois osseuses qui les entourent. Trois enveloppes concentriques concourent à ce but, ce sont les méninges : la dure-mère, l'arachnoïde et la pie-mère; enfin, suprême précaution, le système nerveux central tout entier est plongé et nage dans un liquide retenu entre l'arachnoïde et la pie-mère, le liquide céphalo-rachidien. Ce liquide pénètre même par le *trou de Magendie* dans la cavité des centres nerveux; il présente une abondance exagérée dans l'hydrocéphalie. Jusqu'à ces derniers temps, on n'était pas fixé sur les organes producteurs de ce liquide céphalo-rachidien; il fallait cependant qu'il y eût des cellules pour le sécréter puisqu'on le voyait se reformer après une ponction du canal vertébral et que d'autre part il avait une composition chimique très différente de celle du plasma sanguin.

MM. Pettit et Girard viennent de publier dans les

Archives d'anatomie microscopique un mémoire qui élucide complètement cette intéressante question.

On sait que la plus interne des méninges : la pie-mère, pénètre à l'intérieur des cavités encéphaliques par la fente de Bichat et qu'elle forme, à l'intérieur des ventricules latéraux du cerveau, deux organes très vascularisés appelés *plexus choroïdes*. Ces plexus choroïdes sont recouverts par une membrane épithéliale qui n'est autre chose que l'épendyme dont la pie-mère s'est coiffée en pénétrant dans les cavités cérébrales. C'est précisément cet épithélium des plexus choroïdes qui sécrète le liquide céphalo-rachidien. La fonction sécrétoire de cet épithélium a été mise nettement en évidence par les auteurs précités en faisant absorber aux animaux d'expériences des substances activant ou inhibant la fonction sécrétoire : la muscarine, la pilocarpine, l'éther, l'atropine, etc. A la suite de l'absorption de ces substances, l'épithélium des plexus choroïdes présente des modifications correspondant à l'action de la substance injectée : hypertrophie pour la pilocarpine ou l'éther par exemple, atrophie pour l'atropine.

M. Pettit, reprenant une méthode qui lui a donné déjà d'importants résultats, en particulier pour l'étude des capsules surrénales, a profité de ce travail pour nous donner une monographie histologique pleine d'intérêt sur les plexus choroïdes des différents groupes de vertébrés.

MM. L. Grimbert et V. Coulaud viennent de compléter, d'autre part, nos connaissances du liquide céphalo-rachidien au point de vue chimique. Ils ont montré, par l'emploi de la phénylhydrazine, que la substance réductrice qui existe dans ce liquide est bien du glucose et non de la pyrocatéchine, comme on l'avait dit autrefois.

Dr P. PORTIER.

PHOTOGRAPHIE

Chromographe.

Dans le dernier numéro de la *Science au XXe siècle* a été décrit un appareil ingénieux de M. Prieur, destiné à la prise simultanée des trois prototypes nécessaires à l'obtention d'une trichromie.

Tout récemment, M. L. Gaumont a imaginé un appareil pour la photographie trichrome, visant le même but. Derrière l'objectif O est disposé un miroir M qui est à la fois transparent et réfléchissant, monté de manière à pivoter autour d'un axe parallèle aux trois châssis négatifs R, V, B; ceux-ci occupent trois faces de l'appareil, la quatrième étant réservée à l'objectif.

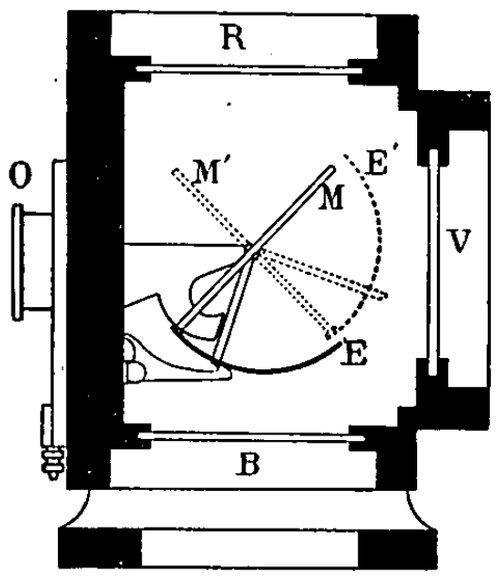


FIG. 1.

Dans l'une de ses positions, le miroir M (fig. 1) permet à la lumière transmise par l'objectif d'impressionner les plaques supérieures R et V; après un temps de pose suffisant, le miroir passe brusquement de la position M à la position M' qui permet à la troisième plaque B d'enregistrer l'image correspondante : l'écran opaque E interposé arrête la lumière qui pourrait parvenir à la plaque durant cette impression. L'appareil est monté sur un socle par l'intermédiaire de pivots qui permettent de lui donner toute orientation commode pour la manœuvre des trois châssis.

L'éclairage du laboratoire.

La mise en vente récente de nouvelles plaques photographiques deux à trois fois plus sensibles que les plaques extra-rapides, et l'emploi de plus en plus fréquent des préparations orthochromatiques a de nouveau agité la question de l'éclairage du laboratoire.

Le plus mauvais éclairage est certainement celui qui est fourni par un verre rouge; on y voit trop peu et les yeux se fatiguent très vite; aussi y a-t-on renoncé depuis longtemps dans la plupart des fabriques de plaques pour le remplacer par un verre de couleur *vert-jaune* doublé d'un verre jaune foncé.

Depuis quelque temps on a proposé, pour éclairer le laboratoire obscur, l'emploi d'une lampe à incandescence plongée dans un liquide inactinique : on avait indiqué une solution de bichromate de potassium, mais cette solution est insuffisante et il faut l'additionner de matières colorantes jaunes; il est préférable d'employer la solution d'anactinochrine qui sert à teindre le papier à l'anactinochrine préconisé, il y a deux ans, par MM. Charles Henry et Jules Courtier, à la suite de recherches qu'il est bon de rappeler, ce papier donnant l'éclairage le meilleur pour la manipulation des nouvelles plaques sensibles ultra-rapides.

Le spectre d'émission de l'anactinochrine est compris entre les raies D et E du spectre solaire, la lumière qui traverse le papier à l'anactinochrine est jaune, mais non actinique. Le papier à l'anactinochrine laisse passer environ cinq fois moins de lumière qu'un verre rouge; néanmoins *l'écran à l'anactinochrine est manifestement plus éclairant que le verre rouge*. Cela tient à la propriété remarquable que possède la lumière jaune d'exciter, plus que toute autre lumière colorée, la sensibilité visuelle; autrement dit, de permettre, avec la moindre intensité lumineuse, de distinguer des objets très petits, chose essentielle lors du développement.

Il résulte des recherches de MM. Henry et Courtier que les écrans à l'anactinochrine sont plus éclairants, plus hygiéniques pour la vue et moins actiniques que les verres rouges.

Pour l'usage on peut soit placer deux feuilles superposées de papier à l'anactinochrine entre deux verres blancs, soit une feuille entre un verre jaune foncé et un verre blanc. En plaçant les cuvettes à 0m60 de la source de lumière ainsi tamisée on peut développer, sans aucune crainte de voile, les plaques les plus rapides.

Lorsqu'il s'agit de plaques orthochromatiques, l'éclairage doit être différent; voici à ce sujet quelques renseignements pratiques qui ont été donnés tout récemment par M. F. Monpillard à la *Société d'études photographiques* :

Le Dr Miethe a indiqué, pour la manipulation des plaques photographiques, le mode suivant d'obtention d'écrans colorés pour lanternes : deux plaques ordinaires au gélatinobromure, après débromuration à l'hyposulfite de soude, lavage et séchage, sont plongées, la première dans un bain de violet méthyle à 0,25 p. 100, la seconde dans une solution de tartrazine à 0,50 p. 100; lorsque la teinture est jugée suffisante de part et d'autre, chaque plaque

est passée sous un filet d'eau qui enlève l'excès de colorant. Après séchage, elles sont appliquées l'une contre l'autre, gélatine contre gélatine, et bordées avec une bande de papier aiguille.

Comme il y a de nombreux violet méthyle allant du violet très rouge au violet très bleu et que l'intensité de coloration donnée par la tartrazine peut être insuffisante, M. Monpillard a cherché des colorants donnant des résultats constants.

Il plonge la première plaque, durant vingt minutes, dans une solution à 0,25 p. 100 de violet 300 BB de la Société des matières colorantes de Saint-Denis et la seconde, pendant le même temps, dans une solution aqueuse saturée d'aurantia. L'écran obtenu en accouplant les deux plaques ainsi teintes ne laisse passer que 25 p. 100 environ de la lumière incidente pour la région B du spectre et éteint toutes les radiations à partir de C; il convient parfaitement pour la manipulation des plaques panchromatiques et des plaques orthochromatisées pour le rouge.

En remplaçant le violet 300 BB par du violet de Paris 6 R de la même fabrique, et employé dans les mêmes conditions, l'écran obtenu présente un spectre d'émission allant presque jusqu'à la région de la raie D du spectre (en C, il ne laisse déjà passer que 10 p. 100 de la lumière incidente) et convient pour la manipulation des plaques sensibles au jaune et au vert et des plaques ordinaires de haute sensibilité.

Nouveau mode d'obtention des photogrammes à la gomme bichromatée.

Le procédé à la gomme bichromatée est certainement celui qui permet le plus aisément à l'amateur photographe de donner un cachet personnel à son œuvre. Aussi fait-il l'objet de nombreuses études. M. Foxlee, de Calcutta, vient d'indiquer un nouveau mode d'opérer, très simple et très pratique.

On enduit le papier qui doit supporter l'image avec une solution plus ou moins concentrée de gélatine, selon son degré de porosité; on le sensibilise alors dans le bain :

Bichromate de potassium	50
Solution d'acide sulfurique à 10 p. 100	40cc
Eau	q. s. pour 1000

On laisse flotter le papier sur ce bain deux à trois minutes et on fait sécher à l'obscurité.

On l'expose ensuite derrière le phototype à reproduire, jusqu'à ce que les grandes lumières soient bien visibles. L'épreuve peut alors être gommée. On utilise, dans ce but, la solution de réserve :

Gomme de Turquie ou du Soudan	60
Eau	240
Phénol	6 à 8 gouttes.

Le bain sensibilisateur s'obtient en mélangeant :

Solution de réserve ci-dessus	15
Glycérine pure	1cc,5
Acide acétique glacial	4cc
Eau	4cc

On mélange d'abord la glycérine à l'eau et à l'acide acétique et on ajoute en dernier lieu la solution de gomme.

C'est à ce mélange qu'on ajoute la couleur choisie; les petits tubes de couleurs moites à l'eau conviennent très bien. La mixture colorée ainsi obtenue est étendue sur l'épreuve au moyen d'un pinceau plat en poils de porc; on a soin de ne pas appuyer trop fortement pour ne pas compromettre la couche impressionnée; on égalise la couche de gomme au moyen d'un blaireau doux et on abandonne l'épreuve ainsi préparée à elle-même un certain temps, après quoi on procède au dépouillement comme d'habitude.

Nouveau révélateur au pyrogallol.

Le Dr Valenta vient de faire une étude nouvelle de ce révélateur classique; il conclut de ses recherches qu'on obtient le bain le plus énergique quand on emploie des proportions de soude ou de potasse et de pyrogallol, correspondant à la formation du monophénolate.

Le bain s'obtient en mélangeant volumes égaux des deux solutions :

A	Sulfite de sodium	160
	Pyrogallol	25
	Eau	q. s. pour 1000
B	Soude caustique	8gr
	Eau	q. s. pour 1000

Les 8 grammes de soude caustique peuvent être remplacés par 11 gr. 5 de potasse caustique.

On peut développer plusieurs plaques de suite dans le bain ainsi obtenu, qui se colore très peu. On peut le préparer d'avance à condition de le conserver à l'abri de l'air.

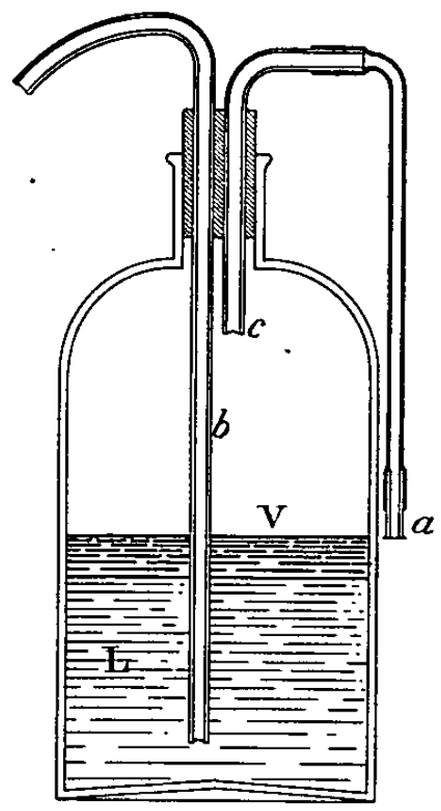


FIG. 1. — DISPOSITIF DE PISSETTE DE LABORATOIRE.

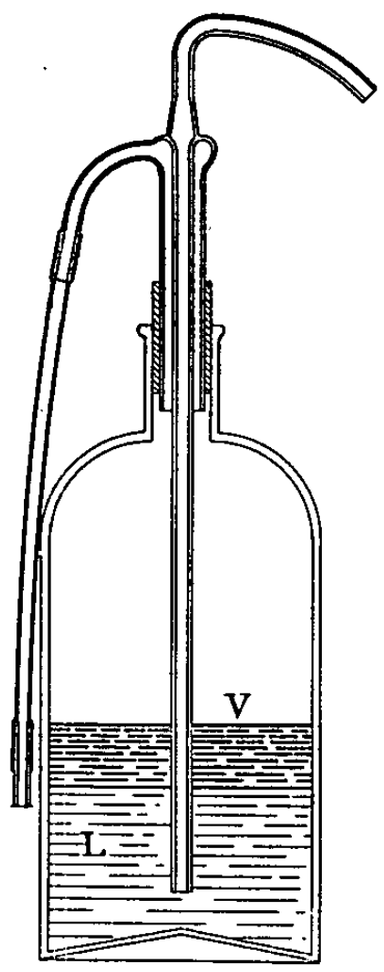


FIG. 2. — LE MÊME DISPOSITIF SIMPLIFIÉ.

L, Liquide à conserver; V, Couche d'huile de vaseline; *a*, Ajutage par lequel il suffit de souffler pour faire sortir le liquide, au fur et à mesure des besoins, par le tube *b*.

On a proposé pour la conservation des bains oxydables à l'air de nombreux dispositifs.

Le plus simple consiste à les recouvrir d'une couche de liquide inerte, tel que l'huile de vaseline.

Il est très commode de mettre le liquide à conserver dans un flacon muni d'un dispositif analogue à celui de la pissette des laboratoires (fig. 1) : en soufflant convenablement par l'ajutage *a* on accroît suffisamment la pression qui s'exerce sur le liquide L pour obliger celui-ci à monter dans le tube *b* et à se déverser à l'extérieur; on peut aussi simplifier ce dispositif en adaptant au goulot du flacon un tube soudé comme l'indique la figure 2.

G.-H. NIEWENGLOWSKI,
Préparateur (Chimie) à la Sorbonne.

PETITES APPLICATIONS
DES SCIENCES NATURELLES

Les animaux qui mangent les œufs.

La plupart de nos petits mammifères carnivores s'attaquent non seulement au gibier et aux volailles, mais aussi aux œufs, qu'ils gobent avec une habileté sans pareille, en n'en laissant pas perdre une seule goutte. Quand on s'aperçoit que, dans un poulailler, un ou plusieurs œufs ont été dévorés, comment reconnaître l'auteur du larcin, point important pour pouvoir le chasser à bon escient? On peut y arriver en examimant la façon dont les œufs ont été fracturés.

Voici, en effet, d'après M. JEAN MANORE, comment ils s'y prennent.

La *fouine* se repaît sur place, et, à moins d'être inquiétée, elle vide totalement son œuf en y perçant une large brèche et quelquefois un ou deux petits trous.

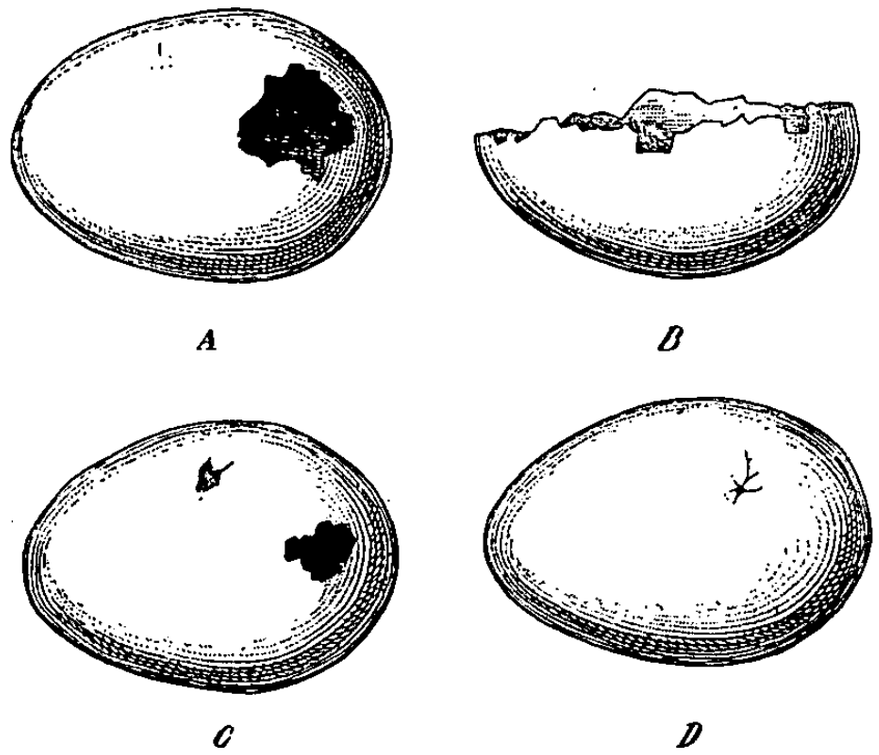


FIG. 1. — MANIÈRES DONT LES PETITS ANIMAUX DE RAPINE ATTAQUENT LES ŒUFS DE POULE.

A, Fouine. — B, Putois. — C, Belette. — D, Hermine.

Plus maladroit que la fouine, le *putois* maltraite davantage son œuf; le trou est plus grand et la dentelle des bords en est ouvragée.

Moins friande d'œufs, l'*hermine* les respecte davantage. Sa marque, son poinçon, quand ils y figurent, ne se révèlent que par un ou deux trous minuscules.

Entraîné ou mangé sur place, l'œuf auquel se voue la *belette* n'est savouré qu'à plusieurs reprises, au moyen de trous successifs. Sans appétit, elle cache les œufs sous des feuilles, se constituant ainsi une réserve, comme la fouine.

Destruction des animaux nuisibles par empoisonnement.

Plusieurs animaux peuvent être détruits par des amorces empoisonnées. De ce nombre sont le renard; voici, d'après le *Chasseur français*, comment on doit s'y prendre : Faire fondre environ cent grammes de graisse de porc dans un récipient très propre; y verser quelques gouttes d'essence d'anis. Faire griller deux noix, les hacher très menu et les mélanger à la graisse fondue. Étendre ensuite le mélange dans un plat de manière à former une couche de deux à trois centimètres d'épaisseur et la découper, dès qu'il est refroidi, en tranches de deux à trois centimètres de côté. Pour introduire le poison dans la boulette, on pratique, au centre de chaque carré, un trou d'un centimètre à un centimètre et demi et l'on recouvre avec de la graisse fondue ou très chaude afin que le poison se trouve bien au centre de la boulette. Pour les manipulations on se sert d'une spatule en bois. La dose de strychnine varie de douze à quinze centigrammes par boulette. Le procédé le plus pratique pour le dosage des boulettes consiste à mélanger le poison avec une petite quantité de graisse fondue de manière à obtenir un volume égal à la grosseur d'une amande. Dès que le mélange est refroidi, on le divise en autant de parties qu'on désire amorcer de boulettes, soit en 7 ou 8, si l'on a mis un gramme de poison. La strychnine livrée par le commerce n'étant pas toujours de même qualité, il convient d'augmenter la dose si les résultats ultérieurs avec les quantités ci-dessus ne sont pas bons. Les boulettes doivent être logées dans une boîte en bois ou en fer dont on aura eu soin de frotter les parois avec de la graisse. Elles ne doivent jamais être touchées avec la main ni même avec un objet servant aux usages domestiques et qui n'aurait pas été passé à la flamme. La boulette doit être placée avec une pince en bois ou en fer, une aiguille placée à la pointe d'un bâton serait préférable et permettrait ainsi de déposer l'appât à quelques mètres de distance de la ligne suivie par l'homme, condition essentielle pour ne pas éveiller les soupçons du renard. Dans toutes ces opérations, il est prudent de parfumer avec du camphre ou de l'essence de bergamote les mains et les objets en contact avec la boulette. L'emploi d'une chaussure avec semelle en bois s'impose : à défaut, il convient de graisser entièrement ses chaussures avec de la graisse de renard fondue, si c'est possible, ou d'y frotter de l'essence d'anis. Si le terrain choisi est accessible au cheval, mulet ou âne, on doit utiliser ces montures, le renard suivant toujours la trace de ces animaux et mordant alors sans trop de méfiance l'appât qui lui est destiné. C'est dans un terrain inculte et plat, éloigné des habitations et le moins près possible de buissons ou des tas de pierre que la boulette serait déposée; il est indispensable de marquer l'endroit par un bâton ou une pierre qui facilitera la reprise de l'appât. Il est nécessaire de faire de fréquentes traînées de viande et sur des parcours assez longs, en laissant de loin en loin quelques déchets surtout à l'endroit où sera disposé l'appât légèrement enfoui dans la neige; y ajouter quelques morceaux d'os ou de lard grillé.

En replaçant l'appât, il faut veiller à ce qu'il se retrouve exactement à la même place. Si, pendant la nuit, la neige tombait trop abondante ou la bourrasque recouvrait le poison et en rendait la prise impossible, il conviendrait de recommencer les traînées et de disposer, sur les points où sont restées les boulettes, des osselets, de menus morceaux de viande, pour attirer le renard. C'est ainsi qu'après avoir dévoré l'amorce, il découvrira sous la neige l'appât empoisonné.

Si l'on apprend que la carcasse d'un animal domestique a été laissée dans les environs, il faudrait la recueillir, la traîner sur les lieux choisis pour la chasse au renard et disposer dessus de nombreuses boulettes. Ce n'est que le troisième jour que l'animal se décide à goûter; les deux premières nuits, il se contente de flairer à distance; il ne s'approche et ne mord que s'il est affamé. Dès que l'on constate la disparition d'une boulette, il est nécessaire de suivre la trace de l'animal; car quelquefois il se contente de déplacer le poison et de l'enfouir ailleurs. Si, au contraire, on remarque que les traces laissées par le renard n'ont plus cette forme de chapelet qui se dessine si bien sur la neige, et qu'il avance par des sauts saccadés de droite à gauche, on peut être certain que le poison est avalé et que l'on ne tardera pas à trouver le cadavre dans une touffe de buisson du voisinage.

H. COUPIN,
Docteur ès sciences.

Bulletin Météorologique

Mars 1903.

Les mauvais temps qui avaient sévi sur l'ouest de l'Europe pendant la dernière semaine de février ont persisté au commencement de mars. Le 2 et le 3, notamment, une tempête aussi violente que celle des 27 et 28 février, a soufflé sur toute la France. La dépression qui l'a amenée avait son centre le 2 au matin un peu au nord-ouest de l'Irlande; elle passait le lendemain sur la mer du Nord et s'éloignait ensuite vers le nord-est.

A Paris, le baromètre est descendu de 759 mm., le 2 vers minuit, à 738 mm. le 3 à la même heure; puis il est remonté jusqu'à 763 mm. en vingt-quatre heures; on voit cette oscillation remarquable au commencement du diagramme. Naturellement les oscillations sont encore plus accentuées près du centre de la dépression : à Malin Head, sur la côte septentrionale de l'Irlande, le mercure s'est relevé de 723 mm. 9, le 2 à 6 h. du soir, à 745 mm. le 3 à 8 h. du matin, soit une hausse de 21 mm. 1 en quatorze heures. La vitesse du vent a encore atteint des valeurs élevées : 32 mm. par seconde au Parc Montsouris et 34 mm. au sommet de la Tour Eiffel.

La carte du 16 mars du *Bulletin international* du Bureau central météorologique montre nettement la situation *type* du mois de mars : celle qui amène les giboulées. Tandis que le baromètre est élevé dans le sud-ouest et l'est du continent, un couloir de basses pressions s'étend depuis l'Irlande jusqu'à l'Algérie.

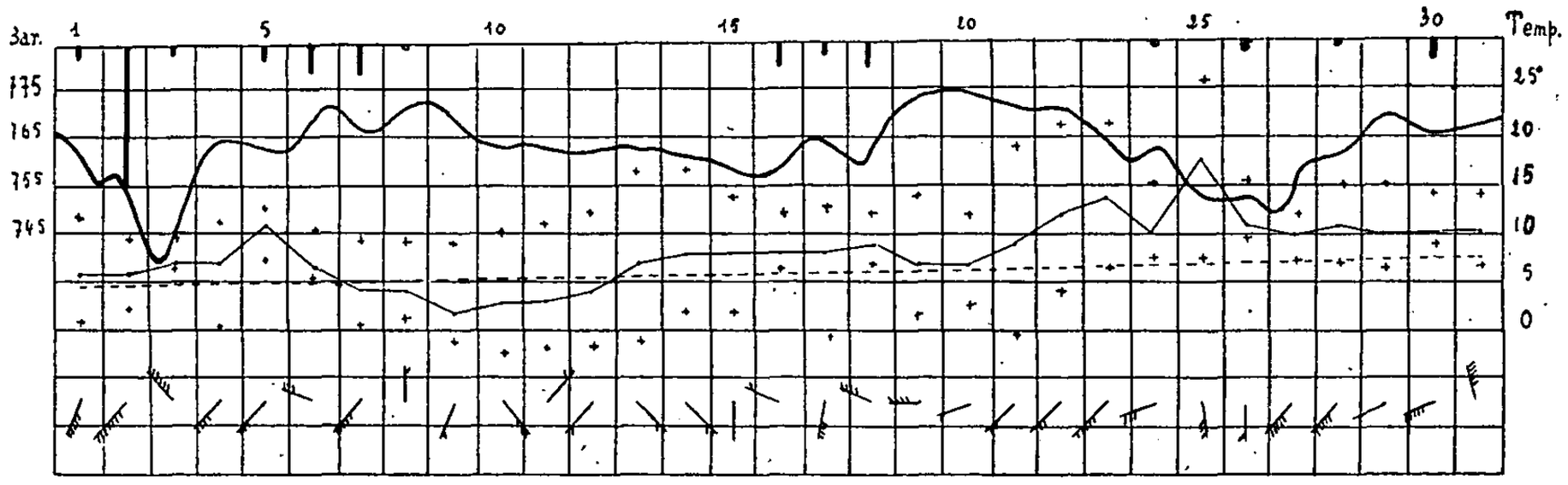
Cette situation, commune au printemps, n'a pas cependant été bien fréquente le mois dernier. On a observé plus souvent des dépressions très allongées s'étendant, sur l'ouest de l'Europe, du nord des Iles Britanniques à la France. Ces dépressions diffèrent notablement des dépressions circulaires dont on peut voir un exemple sur la carte du 27 février 1903 (p. 80). Les isobares n'ont plus une forme circulaire même approchée; elles forment un angle très étendu plus ou moins ouvert, ce qui leur a fait donner le nom de dépressions en V. Les éléments météorologiques ne sont plus centrés sur un point. Le vent, par exemple, qui souffle d'entre S.-E. et S. à l'avant de la ligne médiane du V, saute brusquement à l'O. et au N.-O., à l'arrière de cette ligne.

Du 19 au 24, le temps est resté beau et chaud à Paris, le baromètre restant élevé sur l'ouest et le sud de l'Europe. La journée du 25 a été exceptionnellement chaude : au parc Saint-Maur, la moyenne thermique a atteint 16°,9; le thermomètre a atteint dans l'après-midi 26°,2, valeur sans précédent jusqu'ici; celle qui s'en rapproche le plus, depuis 1873, où l'observatoire météorologique a été fondé, est de 23°,9 le 29 mars 1890. D'ailleurs, l'étude faite par M. Renou sur les anciennes observations météorologiques poursuivies à Paris depuis 1757, montre sans aucun doute que, depuis un siècle et demi, on n'a pas dû observer un maximum aussi élevé.

Le 25 mars, une vaste zone de faible pression s'étend depuis l'Islande jusqu'à Madère et aux Açores, tandis que le baromètre est élevé dans le sud et le centre du continent. Un vaste courant du sud souffle sur une grande étendue, avec violence dans quelques régions, en Écosse, en Irlande et en Bretagne notamment. A Alger, c'est le sirocco qui fait monter le thermomètre à 27° dans la journée.

La quantité d'eau recueillie, 32 mm. 8, est inférieure de 8 mm. à la moyenne; il y a eu trois périodes pluvieuses au commencement, au milieu et à la fin du mois, comme le montrent les traits noirs verticaux du diagramme qui indiquent les quantités d'eau tombée chaque jour. Le 2, on a recueilli 15 mm. de pluie.

DIAGRAMME DES OBSERVATIONS DU PARC SAINT-MAUR. — MARS 1903.
(D'après le *Bulletin international* du Bureau central météorologique.)



La courbe du trait plein représente la marche du baromètre, ramené au niveau de la mer. — Les croix indiquent les températures maxima et minima; les points reliés par des traits fins, les températures moyennes de chaque jour. — La courbe pointillée donne la température normale de chaque jour du mois. — La direction du vent est figurée par des flèches, la force par le nombre de pennes 0 (calme) à 9 (tempête). — Les traits gras verticaux partant du haut donnent la hauteur des pluies (1 mm. pour 1 m. d'eau).

CH. GOUTEREAU,
Météorologiste au Bureau central.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

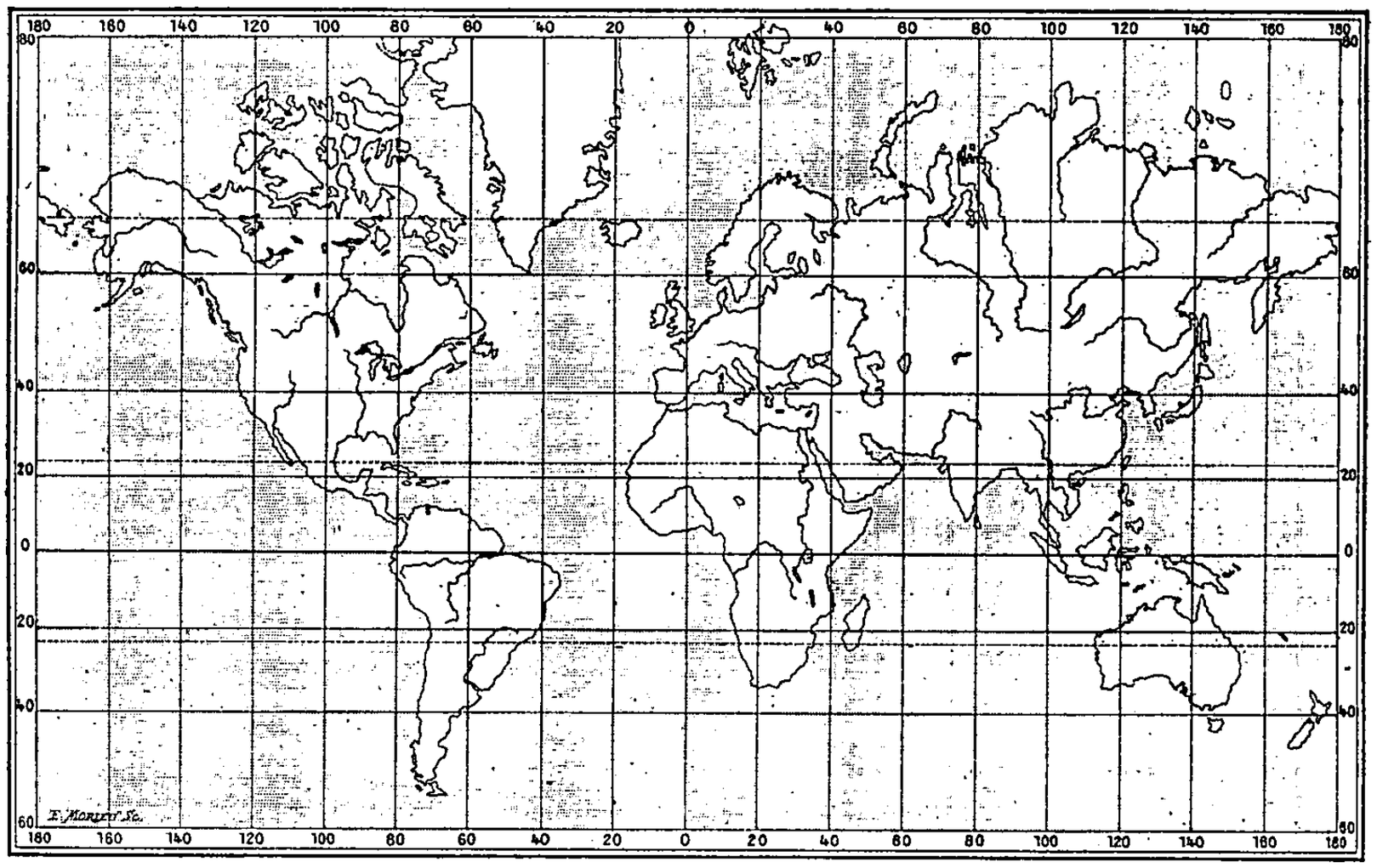


FIG. 1. — LES TERRES ET LES MERS A L'ÉPOQUE ACTUELLE.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

L'ÉVOLUTION DU DESSIN GÉOGRAPHIQUE.

Une question souvent agitée parmi les géologues est celle du degré de permanence dont les grands traits géographiques de notre planète, en particulier les bassins océaniques, ont pu faire preuve à travers la série des âges. La mer a-t-elle toujours occupé à peu près les mêmes espaces, ou bien les diverses régions de la surface terrestre ont-elles appartenu tour à tour à la terre ferme et à l'océan?

La seconde solution a trouvé des partisans; et cela se comprend, quand on réfléchit que, pendant longtemps, nos connaissances géologiques n'ont guère embrassé qu'une portion de l'Europe occidentale. Or cette portion, qui représente une superficie infime relativement au reste de la terre, a eu précisément pour destinée d'être le théâtre d'une lutte continuelle entre les deux éléments, liquide et solide. Presque partout les traces du passage de la mer se retrouvent, parfois répétées à plusieurs reprises suivant une même verticale; et certainement, si l'on s'en tenait à cette vérification, rien ne devrait sembler mieux fondé que la croyance à une perpétuelle variation du régime de l'écorce.

Mais la question change de face quand on envisage l'ensemble du globe, et qu'on va chercher des indications dans les contrées lointaines que, depuis une trentaine d'années, l'exploration géologique a fini par aborder. On peut dire que, de ce côté, chaque jour apporte des preuves nouvelles en faveur de la permanence, non pas de tous les bassins maritimes sans exception, mais de ceux qui jouent le plus grand rôle dans la configuration actuelle du globe. Si cette permanence n'a pas été absolue dès les premiers âges, du moins la voit-on se dessiner à une époque déjà très lointaine de l'histoire de l'écorce, et s'affirmer de plus en plus à mesure qu'on descend vers le temps présent.

Nous venons d'établir une distinction entre les océans suivant leur importance relative. C'est qu'en effet il existe entre eux de grandes différences, non seulement sous le rapport des dimensions superficielles et de la profondeur, mais aussi au point de vue du rôle morphologique qu'il est permis de leur attribuer.

Il y a déjà plusieurs années que, dans son magistral ouvrage, *La Face de la Terre*, M. Suess, l'illustre géologue viennois, a mis en

pleine lumière la distinction tranchée qu'il convient d'établir entre ce qu'il a appelé le *type pacifique* et le *type atlantique* des océans.

Ce qui caractérise le premier, c'est que les rivages n'y offrent aucune indécision, étant constamment en coïncidence avec des rides terrestres de premier ordre. Que ces rides soient complètement émergées et constituent de hautes chaînes comme la merveilleuse Cordillère des Andes, ou bien qu'elles affleurent seulement par leurs sommets, sous la forme de guirlandes insulaires comme les Aléoutiennes, les Kouriles, le Japon, les îles Liou-Kiou, etc., toujours est-il que l'océan qu'elles enserrent a son domaine bien limité par de véritables bourrelets de l'écorce solide. Et ce qui accentue encore cette disposition, c'est qu'à ces bourrelets sont juxtaposés des creux exceptionnels qui en forment la contre-partie, c'est-à-dire des abîmes sous-marins, de forme linéaire ou allongée, au fond desquels la sonde descend beaucoup plus bas qu'elle ne fait dans les parties centrales des grands océans. Ainsi en est-il de la fameuse fosse du Tuscarora, collée contre les Kouriles et le Japon, et offrant des profondeurs de plus de 8 000 mètres, sur le bord d'un océan où l'épaisseur moyenne de la nappe liquide n'est que de quatre kilomètres. Telles sont aussi les fosses étroites, avec fonds de 7 000 et 8 000 mètres, qui bordent à peu de distance le littoral chilien.

Ce n'est donc pas par une sorte de hasard que les contours du Pacifique, cette immense cuvette qui embrasse plus du tiers de la superficie terrestre, sont tels que nous les voyons aujourd'hui (fig. 1). Abstraction faite de quelques appendices latéraux, mer d'Okhotsk, mer du Japon, mer de Chine, que des cordillères insulaires isolent du Grand Océan, ce dernier, le vrai Pacifique, ne subirait dans son dessin aucune modification appréciable, même si le niveau de la mer venait à s'abaisser d'un grand nombre de centaines de mètres. La dépression qu'il accentue est donc un trait fondamental de la structure extérieure de notre planète. C'est, par excellence, la partie faible de l'écorce; et le contour qui la définit coïncide avec une dislocation des mieux marquée, dont le parcours est jalonné le long de la terre ferme par une ligne presque continue de volcans.

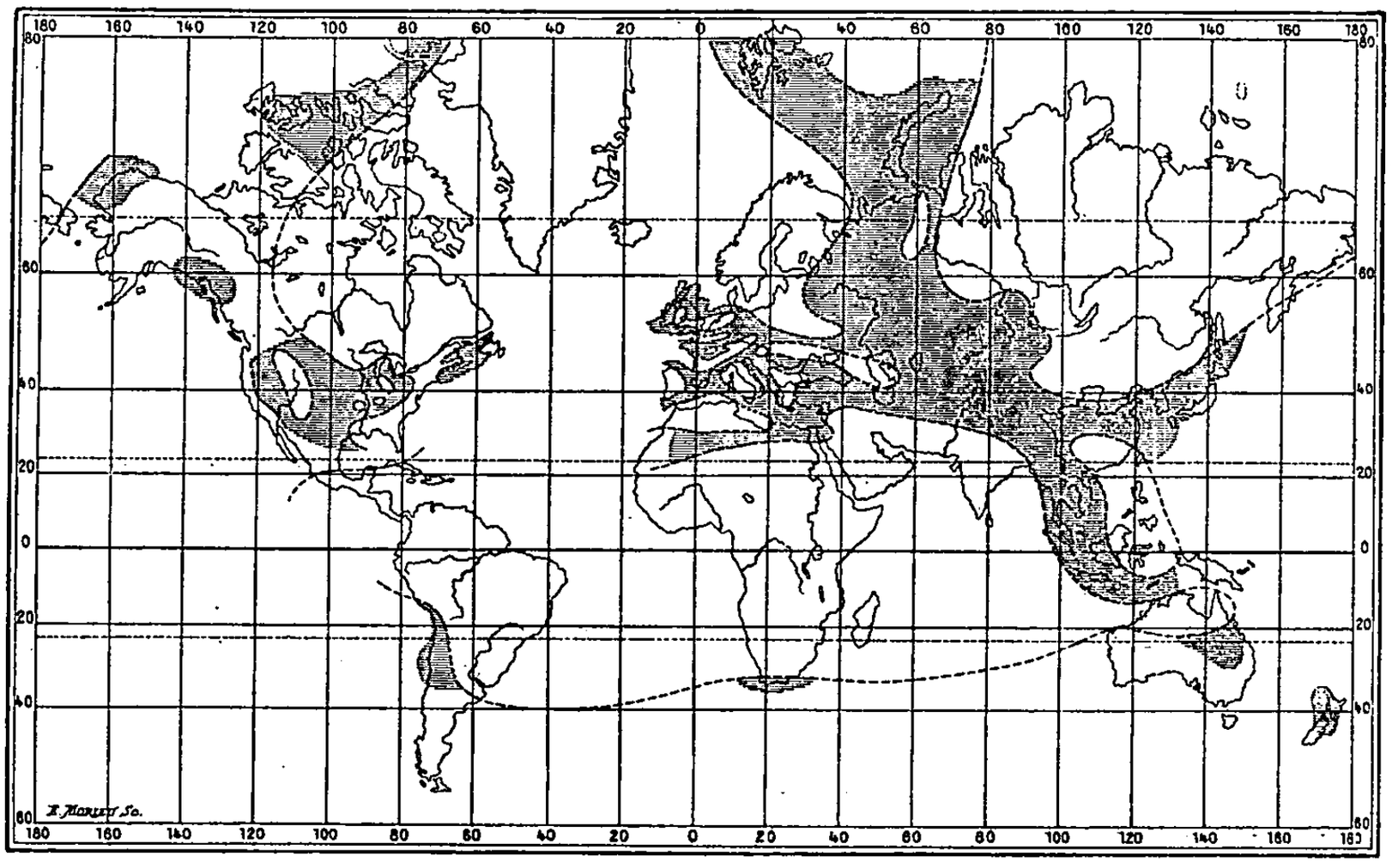


FIG. 2. — ESQUISSE PARTIELLE DE LA GÉOGRAPHIE CARBONIFÉRIENNE.

Tout autre est la condition de l'océan Atlantique. Nulle part son rivage n'est bordé par une chaîne de montagnes. Même le littoral de la Norvège, en dépit des apparences, n'y fait pas exception; car ce qu'on appelle improprement les Alpes scandinaves n'est nullement un bourrelet; c'est le bord surélevé, et brusquement tranché par la mer, d'un plateau qui a fait la bascule et descend doucement vers la Baltique. Au contraire, plusieurs des chaînes de hauteurs du vieux monde, les monts du Pays de Galles, ceux de la Bretagne, les Pyrénées, les chaînes espa-

gnoles, l'Atlas marocain, sont nettement tranchées par le rivage atlantique, qui les coupe perpendiculairement à leur direction. Enfin ni la côte occidentale de l'Europe et de l'Afrique, ni la côte orientale des deux Amériques ne se montrent jalonnées par des fosses sous-marines, de même que les volcans y font régulièrement défaut.

Ainsi le contraste est absolu entre les deux grandes unités maritimes du globe. On peut d'ailleurs ajouter que l'océan Indien appartient aussi au type atlantique; car les rares lignes de hauteurs qui semblent accompagner quelques-uns de ses rivages, comme les Ghates de l'Hindoustan, ne sont pas des bourrelets d'une écorce plissée, mais des entassements de laves, tardivement accumulées sur un ancien plateau, et que l'érosion a réduits à l'état de remparts.

En revanche, il apparaît clairement que la Méditerranée doit rentrer à certains égards dans le type pacifique. En effet, les chaînes espagnoles, les Alpes et les chaînes dinariques, d'un côté, l'Atlas de l'autre, enserrent son domaine actuel entre deux zones de bourrelets. On peut dire qu'il en est de même de la Méditerranée américaine, limitée au nord par les rides si nettement alignées des Grandes Antilles, avec leurs fosses sous-marines si curieuses dans leur allongement linéaire, tandis qu'au sud elle a pour frontière les hauts bourrelets plissés de la Colombie et du Venezuela.

Or ces traits, qu'une étude attentive de la géographie actuelle suffit à discerner, l'histoire géologique les voit aussi se dessiner de plus en plus nettement, à mesure que progresse l'exploration des contrées lointaines. A la lumière de ces découvertes, on reconnaît chaque jour plus clairement, d'une part la haute antiquité du Pacifique comme de la dépression méditerranéenne entendue dans son sens le plus large (la *Mésogée* de M. Douvillé); de l'autre, l'âge relativement récent de l'Atlantique nord et de l'Atlantique sud; le premier créé par le morcellement progressif d'une terre, qui unissait autrefois la Scandinavie au Groenland et à l'Amérique arctique; le second issu, ainsi du reste que l'océan Indien, de la dislocation d'un continent méridional, lequel, dans l'origine, faisait une même unité de l'Australie, de l'Afrique australe et du Brésil.

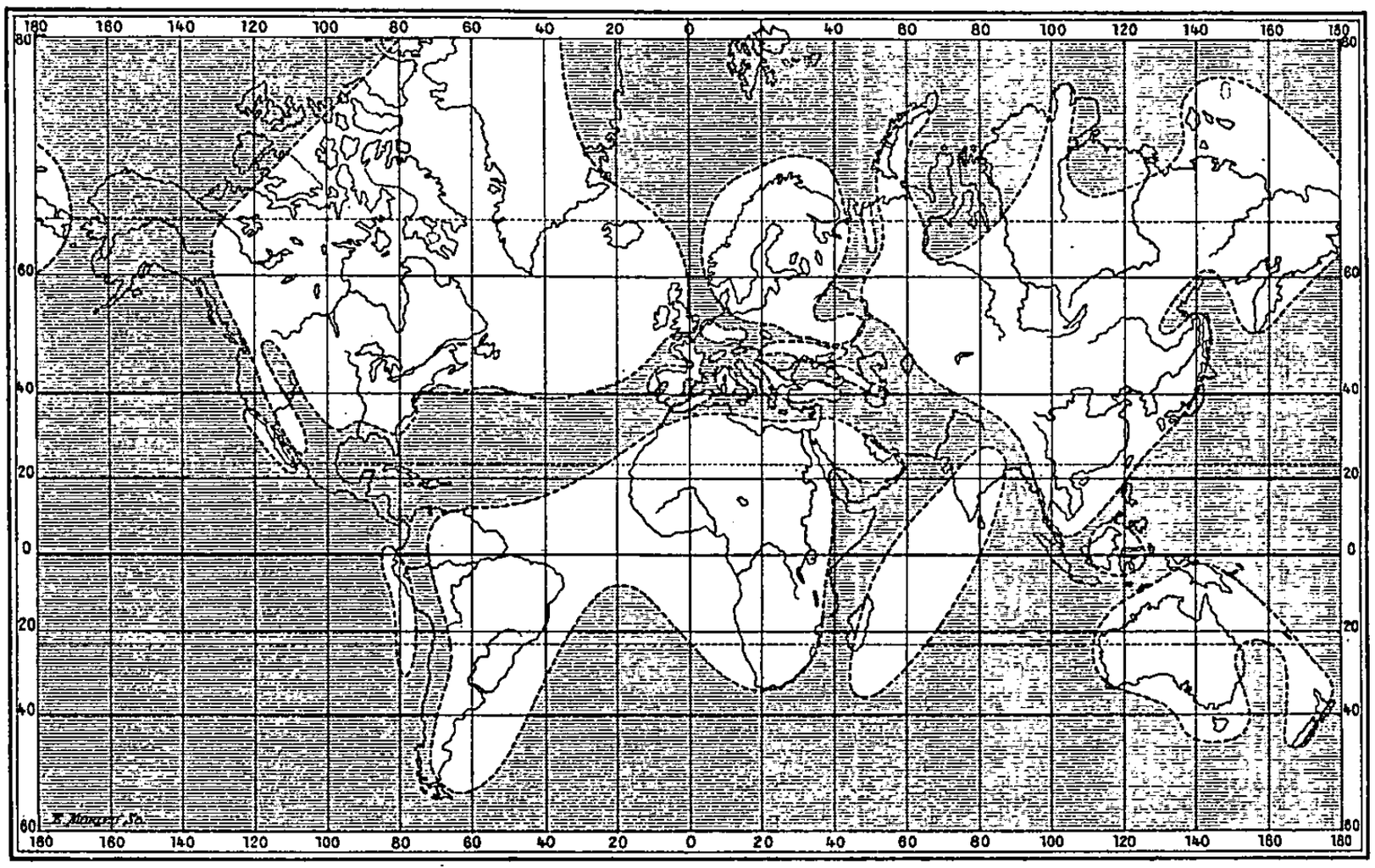


FIG. 3. — LA GÉOGRAPHIE VERS LA FIN DE L'ÉPOQUE JURASSIQUE.

C'est avant la fin des temps primaires, dès le début de l'époque carbonifèrienne, que cette situation a commencé à se dessiner avec netteté (fig. 2). Même, sur certains points, elle était préparée de plus longue date; témoin la persistance avec laquelle la forme triangulaire de l'Amérique du Nord n'a cessé de s'accuser depuis le commencement de l'ère primaire. Seulement, alors, la dépression méditerranéenne était bien plus large et bien plus continue qu'aujourd'hui. Elle faisait réellement le tour du globe, à l'époque où la mer à fusulines du carbonifèrien supérieur,

séparant entièrement l'Europe de l'Afrique, se poursuivait sur la Perse, l'Asie centrale et la Chine, depuis la Mandchourie jusqu'à la Birmanie.

Mais bientôt l'Asie centrale se débarrassait des eaux marines, et la Méditerranée orientale se réduisait à un bras de mer qui, par un curieux contraste, passait précisément là où se dressent aujourd'hui les rides gigantesques de l'Hindou-Kouch et de l'Himalaya. Ce bras de mer, qui

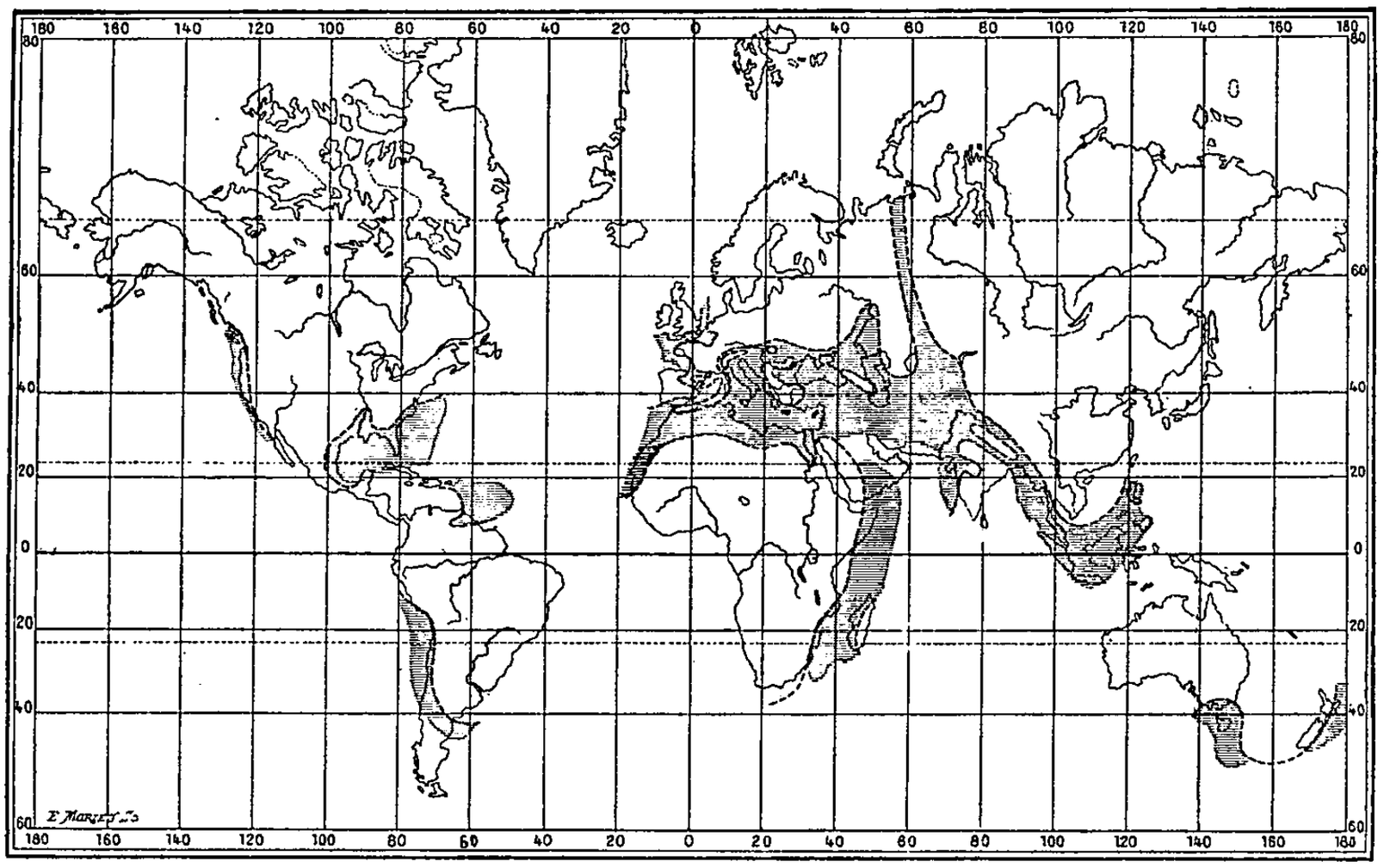


FIG. 4. — ESQUISSE DE LA GÉOGRAPHIE VERS LE MILIEU DE L'ÈRE TERTIAIRE.

établissait la communication des mers européennes avec le Pacifique, s'est maintenu durant tous les temps secondaires (fig. 3), et a persisté jusqu'au milieu de l'ère tertiaire (fig. 4), époque où, se fermant du côté de l'est, il a commencé à se diviser, au sud de l'Europe, en sections plus ou moins séparées par des soulèvements, et affectées d'effondrements qui y ont fait naître des volcans.

Au début, cette mer transversale séparait les unités continentales du nord de la grande terre australo-brésilienne. Mais, à mesure que la Méditerranée se rétrécissait, le continent austral, la *Terre de Gondwana* de M. Suess, voyait s'ouvrir dans son sein des brèches de plus en plus profondes, qui ont fini par constituer l'océan Indien, après avoir, presque dès le début des temps jurassiques, isolé Madagascar de l'Afrique.

L'Atlantique sud mettait plus longtemps à s'ouvrir, et la séparation de l'Afrique d'avec le Brésil ne paraît pas remonter plus haut que le milieu de l'époque crétacée. Quant au continent de l'Atlantique nord, il a dû résister plus longtemps encore; car, au milieu du tertiaire, il existait, entre les Antilles et Malte, au moins une chaîne d'îles, assez rapprochée pour que les mêmes mollusques de rivage pussent se propager de proche en proche d'Amérique en Europe. C'est seulement tout à fait à la fin du tertiaire que les brèches atlantiques ont été suffisamment élargies pour que, par Gibraltar, les eaux froides du nord pussent amener, jusque dans les parages siciliens, une colonie de mollusques marins de la région islandaise.

Au milieu de ces vicissitudes, le Pacifique se maintenait presque sans altération de son contour général, au moins depuis le détroit de Bering jusqu'au 40e parallèle de latitude méridionale. A peine si, par moments, la mer a un peu mordu sur ce qui forme aujourd'hui les territoires à l'ouest des Montagnes Rocheuses ainsi que sur la bande côtière chilienne et patagonienne. Quant à la limite sudoccidentale de cet océan durant les temps secondaires, elle était, il y a peu d'années, tout à fait inconnue. Voici que, coup sur coup, une série de trouvailles en ont démontré la présence aux îles de la Sonde, en Nouvelle-Guinée, en Nouvelle-Calédonie, au bord de la Nouvelle-Zélande. C'est suivant ce parcours, c'est-à-dire en contournant à distance le massif australien, que se sont main-

tenus les rivages pacifiques du jurassique comme ceux du crétacé, même du tertiaire inférieur.

En résumé, ce qu'on peut appeler les deux grandes dépressions *tectoniques* du globe, c'est-à-dire celles dont l'existence est intimement liée à l'architecture générale de l'écorce, ont existé à peu près de tout temps. La plus grande de beaucoup, celle du Pacifique, s'est maintenue avec un dessin sensiblement invariable pendant une suite incalculable de siècles. Quant à la seconde, ce qu'elle a perdu par la surrection progressive des chaînes qui limitent l'Eurasie au sud a été compensé par les écroulements de l'Atlantique et de l'océan Indien.

Une autre unité géographique paraît aussi avoir joui d'une remarquable stabilité : c'est la mer du Pôle Nord. On la voit dessinée dès la fin des temps primaires. Lors du trias supérieur, ses limites méridionales se suivent sur l'Alaska, la terre d'Ellesmere, le Spitzberg et l'embouchure de la Lena. Elle gagne du terrain à l'époque du jurassique supérieur ; et si, plus tard, son domaine paraît s'être rétréci, c'était pour se reconstituer de nos jours avec plus d'ampleur.

Partout donc se révèle, dans les traits fondamentaux de la surface du globe, une tendance au maintien du même dessin général. Ce résultat pouvait d'ailleurs, reconnaissons-le, être prévu *a priori*.

En effet, dans les spéculations auxquelles parfois on s'est complaisamment livré sur l'instabilité des bassins maritimes, on a trop facilement perdu de vue ce fait capital, que le volume des océans est à peu près *douze ou quinze fois plus grand que celui de la terre ferme*. Dans de telles conditions, il n'est pas possible que la mer ait jamais abandonné à la fois de grandes surfaces au profit des continents. Où donc se serait logé, à de tels moments, l'excédent des eaux? L'approfondissement de certains abîmes océaniques n'y eût fourni qu'un appoint tout à fait insuffisant.

Ainsi l'évolution du relief terrestre fait ressortir une grande unité de plan. Son étude nous montre que les zones faibles et les zones résistantes de l'écorce se sont dessinées de bonne heure, gardant toujours, sans grande altération, les unes leurs causes de faiblesse, les autres leur aptitude à la surrection. Si le Pacifique, peu variable dans ses contours, a pu voir s'accentuer avec le temps la raideur des dislocations qui définissent ses bords, pendant ce temps la dépression méditerranéenne, étendue, à l'origine, de l'Écosse à l'Atlas et du territoire indien de l'Amérique du Nord au Brésil, n'a cessé de se rétrécir. Ce rétrécissement, surtout sensible dans la partie de dépression qui traverse l'ancien monde, a été le résultat de la violente poussée qui comprimait la dépression entre les deux mâchoires d'un étau, constituées par le môle solide de l'Eurasie, d'une part, la masse résistante du plateau indo-africain, de l'autre. Et la compensation s'accomplissait par le gain que faisait la mer, d'un côté entre l'Europe et l'Amérique du Nord, de l'autre entre le Brésil et l'Afrique.

A. DE LAPPARENT,
de l'Institut.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

LES LOCOMOTIVES A TRÈS GRANDES VITESSES EXPÉRIMENTÉES EN ALLEMAGNE.

Il est peu d'exemples dans l'histoire des sciences d'un développement aussi rapide que celui de l'électricité. Successivement appliquée aux différentes branches de l'activité humaine, elle a transformé les anciennes méthodes en apportant avec elle l'ordre et la précision. Après nous avoir donné le télégraphe et le téléphone, la galvanoplastie et l'électrochimie, la lumière électrique et les rayons X, elle a révolutionné nos moyens de transport et, dès à présent, l'on peut dire qu'elle supplantera bientôt la vapeur sur les voies ferrées.

Dans ces dernières années la traction électrique a été appliquée avec un grand succès au transport des voyageurs dans les villes, et les tramways électriques ont surgi dans tous les

pays avec une fécondité véritablement surprenante. Après les tramways électriques sont venus les chemins de fer de montagne, puis les métropolitains. Le succès de celui de Paris est peut-être sans précédent dans l'histoire des transports.

De pareilles transformations nécessitent des dépenses considérables; il est donc nécessaire d'admettre que les avantages de la traction électrique sont assez grands pour les justifier. Pour le public ces avantages résident surtout dans l'absence de poussière et de fumée, dans la fréquence des départs et la rapidité de la marche, enfin dans la suppression de ces mouvements de *lacets*, de *galop* et de *roulis*, qui sont si désagréables. Pour l'ingénieur, c'est une diminution dans les dépenses d'exploitation, en même temps que la possibilité de pouvoir facilement doubler le service en cas d'affluence.

Certes, d'importants progrès ont été réalisés durant ces dernières années, dans la construction des locomotives à vapeur. L'emploi des chaudières à hautes pressions et des détentes successives ont permis de diminuer dans de notables proportions les durées de trajet. Ainsi, le rapide Paris-Calais de la compagnie du Nord parcourt, sans arrêt, une distance de 298 kilomètres en trois heures et demie. Ce qui donne une vitesse commerciale de 85 kilomètres à l'heure, la plus grande qu'on ait réalisé jusqu'ici en exploitation courante. Dans un essai, une locomotive Crampton de la compagnie de l'Est attelée à une seule voiture, a pu atteindre l'allure de 144 kilomètres à l'heure. Mais, de l'avis des ingénieurs les plus compétents, la locomotive à vapeur ne peut faire plus; elle est arrivée à l'apogée de sa puissance. Pour lui demander davantage il faudrait augmenter encore les dimensions de sa chaudière, c'est-à-dire compromettre sa stabilité. C'est donc à la locomotive électrique qu'il faut recourir si l'on veut obtenir les vitesses de 200 et 250 kilomètres à l'heure qui permettront d'aller, sans arrêt, de Paris à Marseille en moins de cinq heures.

Le problème de la traction électrique des trains comporte deux solutions bien différentes. On peut utiliser des locomotives indépendantes portant des accumulateurs ou produisant elles-mêmes leur électricité, — c'est la première solution; — ou employer des locomotives recevant par des conducteurs et des prises de courant l'énergie électrique engendrée par des usines fixes, — c'est la seconde.

Pratiquement, il est impossible de concevoir une locomotive électrique avec des accumulateurs au plomb. Ceux-ci sont trop lourds, trop encombrants, trop onéreux. Dans l'état actuel de la science, cette solution doit être rejetée, quelque séduisante qu'elle puisse paraître.

Nous ne rappellerons que pour mémoire la locomotive *Heillman*, qui eut, il y a quelques années, son heure de célébrité, et qui fut expérimentée par la compagnie de l'Ouest entre Paris et Rouen. — Comme on sait, *ce n'était qu'une petite usine ambulante* placée à la tête du train qui envoyait l'électricité qu'elle fabriquait dans huit électromoteurs disposés sur les essieux de deux *bogies* [1]. Les dimensions considérables qu'il fallut donner à la locomotive Heillman en raison de sa constitution rendirent son emploi difficile. Enfin les succès obtenus en Amérique et en France avec d'autres systèmes firent cesser les essais dès l'année 1898.

La véritable solution de la locomotion nouvelle consiste dans la production de l'énergie électrique par une ou plusieurs stations centrales envoyant le long de la ligne les courants qu'elles engendrent, courants recueillis par la locomotive elle-mème pendant son déplacement. Envisagée ainsi, la traction électrique des chemins de fer n'est donc qu'une extension des tramways électriques.

L'obligation d'avoir recours au courant continu pour alimenter les moteurs, la nécessité de ne pas dépasser une tension de 500 à 550 volts, ont limité tout d'abord à un petit nombre de cas particuliers les applications qu'on pouvait faire de la locomotion nouvelle.

La première installation de chemin de fer électrique fut celle de la ligne *Baltimore-Ohio* qui passe en tunnel sous la ville de Baltimore.

Il existe actuellement à Paris ou dans sa banlieue, trois exploitations semblables à celle de Baltimore ; le tronçon de la ligne d'Orléans depuis la gare d'Austerlitz jusqu'à celle du quai d'Orsay (qui sera prolongé bientôt jusqu'à Juvisy). La nouvelle ligne *Invalides-Versailles* de la compagnie de l'Ouest et le chemin de fer métropolitain.

1. Nous rappelons qu'on appelle *bogie* un système de trucks supportant les locomotives ou les wagons et destiné à permettre aux essieux de ne pas rester parallèles entre eux et de diminuer ainsi les chances de déraillement à l'endroit des courbes de la voie. Les wagons français sont généralement assez courts pour n'avoir pas besoin de bogies. Ceux-ci ne deviennent utiles que dans les grands wagons comme les *sleepins-cars*. (Voir *Nouveau Dictionnaire des Sciences*, Ch. Delagrave.) G. M.

Dans chacune de ces installations, l'énergie électrique est fournie par une usine génératrice qui engendre des courants alternatifs triphasés à la tension de 5000 volts environ, envoyés dans des sous-stations au moyen de câbles armés simplement enfouis dans le sol comme des conduites d'eau ou de gaz. Les sous-stations transforment les courants alternatifs en courant continu qui est amené, par d'autres câbles également enfouis dans le sol à un rail isolé. On connaît ce rail qui court le long de la voie, et qui est peint en rouge pour montrer le danger qu'il y a à le toucher. C'est sur lui que la locomotive électrique prend l'énergie nécessaire à sa propulsion. Recueilli par les frotteurs en fonte, le courant, après avoir traversé les moteurs et les appareils de manœuvre, fait retour à la sous-station par les rails ordinaires de la voie.

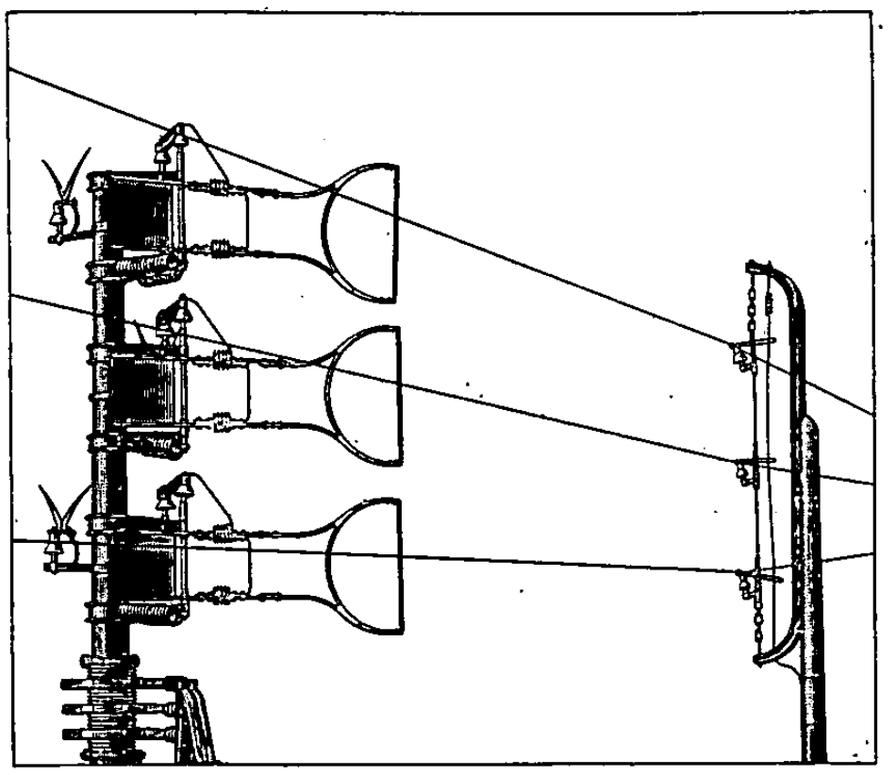


FIG. 1. — PRISE DE COURANTS A 3 ARCHETS ET MONTAGE DES FILS DE LIGNE.

Avec les tensions de 5 à 600 volts qu'on utilise ordinairement, il faut, si on veut éviter de trop grandes pertes d'énergie, disposer les sous-stations tous les 10 km. au moins, ce qui oblige à une grande dépense de matériel de transformation et de câbles.

Les applications de ce système sont donc restreintes aux lignes urbaines et suburbaines à grand trafic ou à celles qui exigent une absence totale de fumée sur une partie déterminée de leur parcours.

On sait que les courants alternatifs se transforment aisément les uns dans les autres et permettent, par l'emploi des hautes tensions, de transporter la force aux grandes distances.

On peut maintenant, grâce aux récents progrès accomplis en électricité, produire l'énergie dans de puissantes stations centrales, disposées le long de la ligne ou non, mais en des points judicieusement choisis.

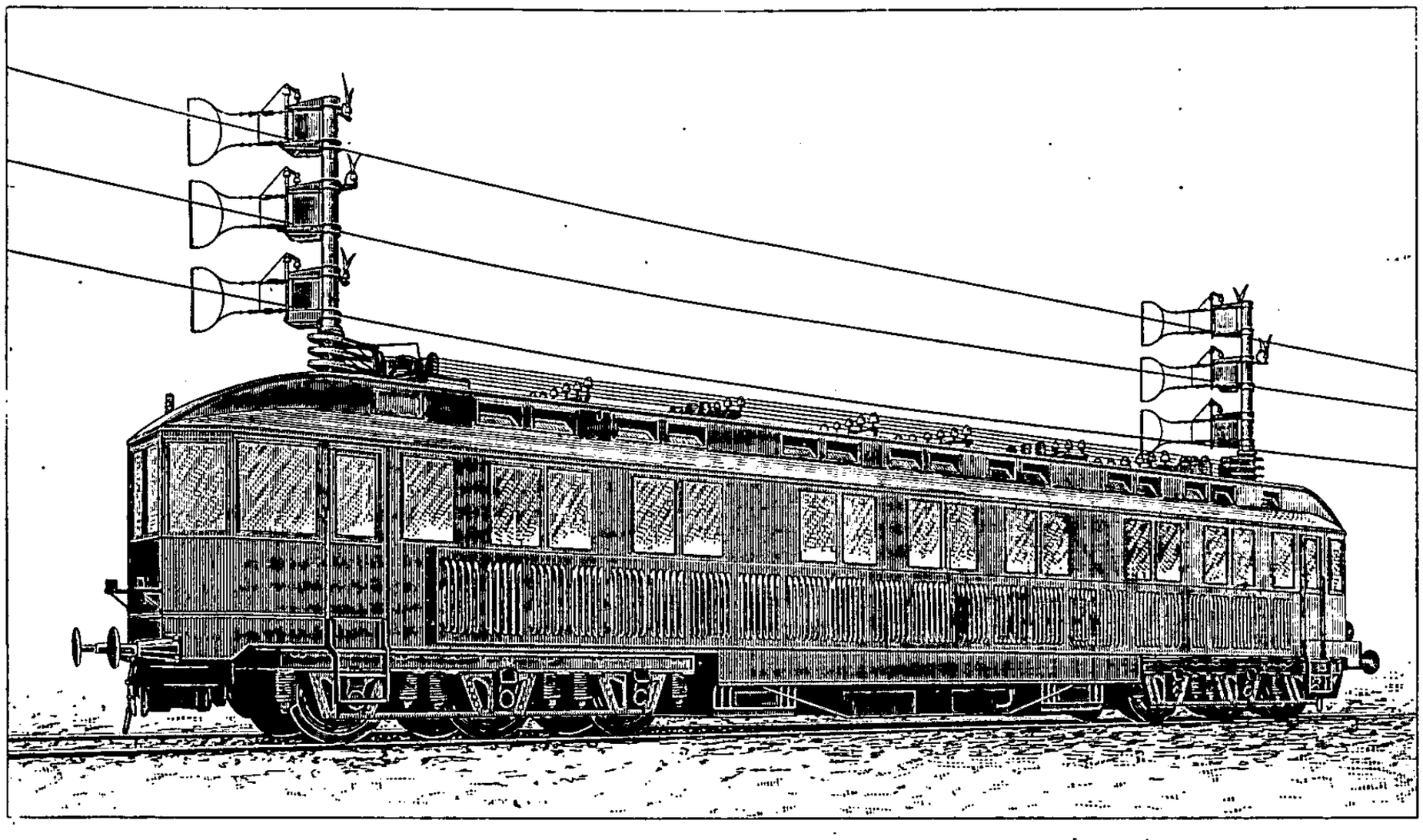


FIG. 2. — VOITURE ÉLECTRIQUE SIEMENS ET HALSKE.

La distance entre deux stations consécutives

peut atteindre 100 kilomètres et même davantage.

Il reste à examiner la possibilité de capter les courants à hautes tensions avec la locomotive elle-même. C'est ce que nous allons faire à présent en décrivant, en quelques lignes, les dernières expériences exécutées en Allemagne par une société d'études (*Studiengesellschaft für Electrische Schnellbahnen*) constituée sous les auspices du gouvernement impérial. — Les essais ont eu lieu sur la ligne stratégique *Berlin-Zossen*, entre cette dernière ville et *Marienfelde*. Deux grandes maisons allemandes de construction y ont pris part : la Société *Siemens et Halske* et l'*Allgemeine Electricitäts Gesellschaft*. L'une et l'autre ont présenté des locomotives basées sur les mêmes principes, mais mises en action par des moyens différents.

L'énergie électrique qui a servi à ces expériences était amenée de la station d'*Ober-Schöneweide* à une ligne aérienne triphasée formée de 3 fils parallèles de 100 mm.[2] de section supportés par des poteaux de bois, distants de 35 m. les uns des autres, au moyen d'un arc en fer en forme de C. — La fig. 1 montre le mode d'attache de ces fils. Ils sont fixés au moyen de trois pièces d'ébonite à une corde métallique sous-tendant l'arc dont on vient de parler.

La voiture Siemens et Halske a une longueur de 23 m. entre tampons (fig. 2). Elle repose sur deux bogies à trois essieux (fig. 3) dont les roues ont un diamètre de 1[m],25. — et comprend trois compartiments centraux, avec sièges à dossiers placés transversalement. A chaque extrémité est disposée une cabine de manœuvre.

La prise du courant se fait au moyen de deux mâts verticaux en fer portant chacun trois bras. L'extrémité de chaque bras se termine par un archet soigneusement isolé des voisins au moyen de tubes d'ébonite. Les archets sont maintenus en contact avec la ligne aérienne par l'effet de la pression de l'air déplacé, s'exerçant sur des plaques fixées aux bras horizontaux. Les courants électriques passent d'abord dans des transformateurs, qui abaissent leurs tensions, traversent des interrupteurs qui s'ouvrent automatiquement lorsque, pour une cause quelconque, leur intensité devient dangereuse pour la conservation des dynamos, et arrivent enfin dans les quatre électro-moteurs placés sous la voiture.

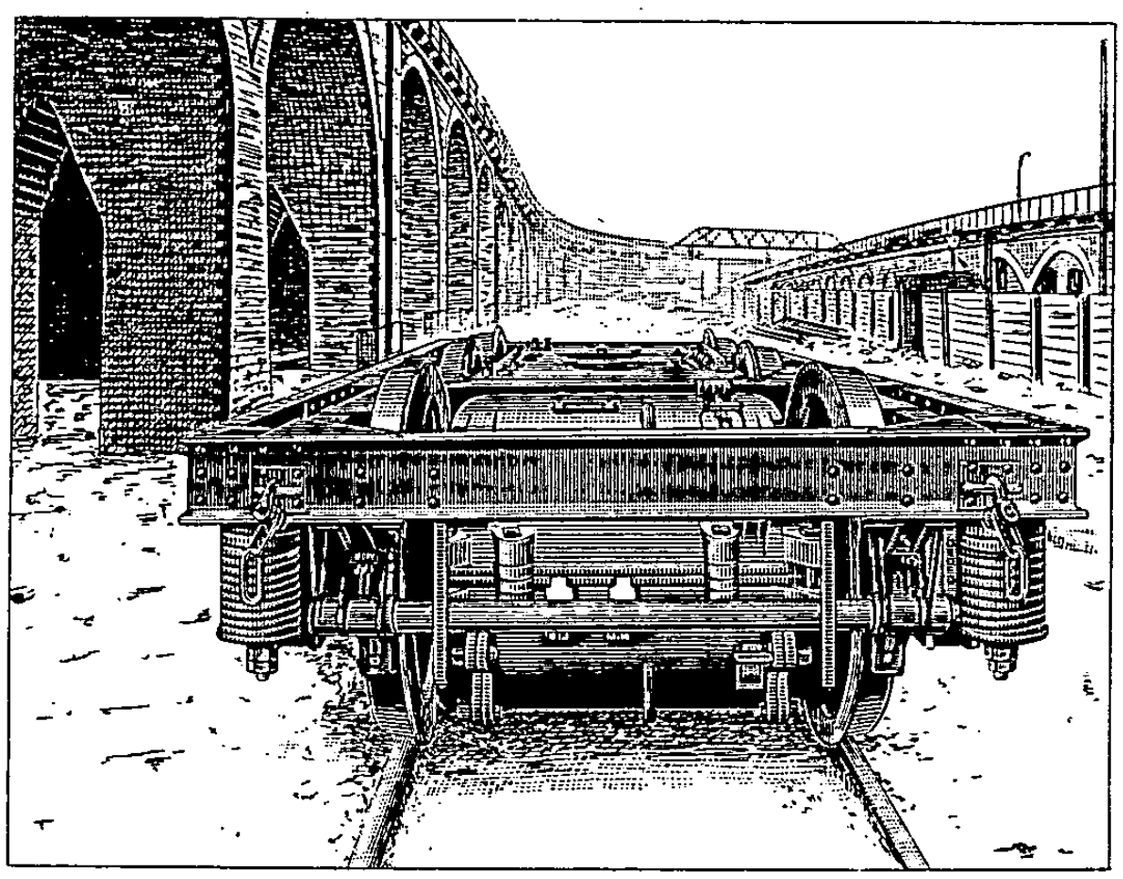


FIG. 3. — BOGIE DE LA LOCOMOTIVE SIEMENS ET HALSKE.

La partie mobile des moteurs (rotor) est directement calée sur les essieux extrêmes des bogies. Les courants triphasés[1] y pénètrent au moyen de trois bagues isolées munies de frotteurs en charbon. La partie fixe de chaque moteur (stator) est supportée par le châssis au moyen de deux longs coussinets garnis de métal anti-friction.

Pendant la période de démarrage, le courant est lancé progressivement et successivement dans chaque moteur en interposant dans le circuit des courants électriques des résistances métalliques logées sur le côté de la voiture. Toutes les manœuvres se font au moyen de l'air comprimé; à cet effet un petit moteur sert à la compression de l'air dans la conduite de manœuvre et dans celle des freins Westinghouse.

Ainsi équipée, cette locomotive pesait 95 tonnes

1. Les courants triphasés ne sont pas d'une espèce à part : on entend par là 3 courants alternatifs identiques mais qui ne sont pas d'accord, qui sont *décalés* l'un par rapport à l'autre dans le temps. Si on les rapporte à la rotation d'une roue, mise en rotation uniforme lorsque le premier courant commence, la roue aura tourné d'un tiers de tour lorsque commencera le second courant et de deux tiers de tour lorsque commencera le troisième courant. Ces retards relatifs doivent être maintenus par le jeu même des génératrices.

Au même instant ces trois courants sont dans une phase différente de leur histoire commune : d'où le terme de courants triphasés. G. M.

environ. Les expériences ont montré qu'aux grandes vitesses elle fatiguait trop les voies. Pour remédier à cet inconvénient, les constructeurs ont supprimé les transformateurs et ils ont conçu une locomotive qui utilise directement les courants triphasés à la tension de la ligne, soit 10 000 à 11 000 volts.

Cette nouvelle locomotive rappelle par sa forme celles de la compagnie d'Orléans (fig. 4). Elle comporte une cabine vitrée, supportant un mât à trois archets, et deux caissons métalliques, assez bas pour permettre au wattman d'apercevoir les voies et les signaux. Ces caissons renferment les résistances. — Les moteurs attaquent les essieux par une série d'engrenages très fortement graissés au moyen d'un jet d'huile sous pression.

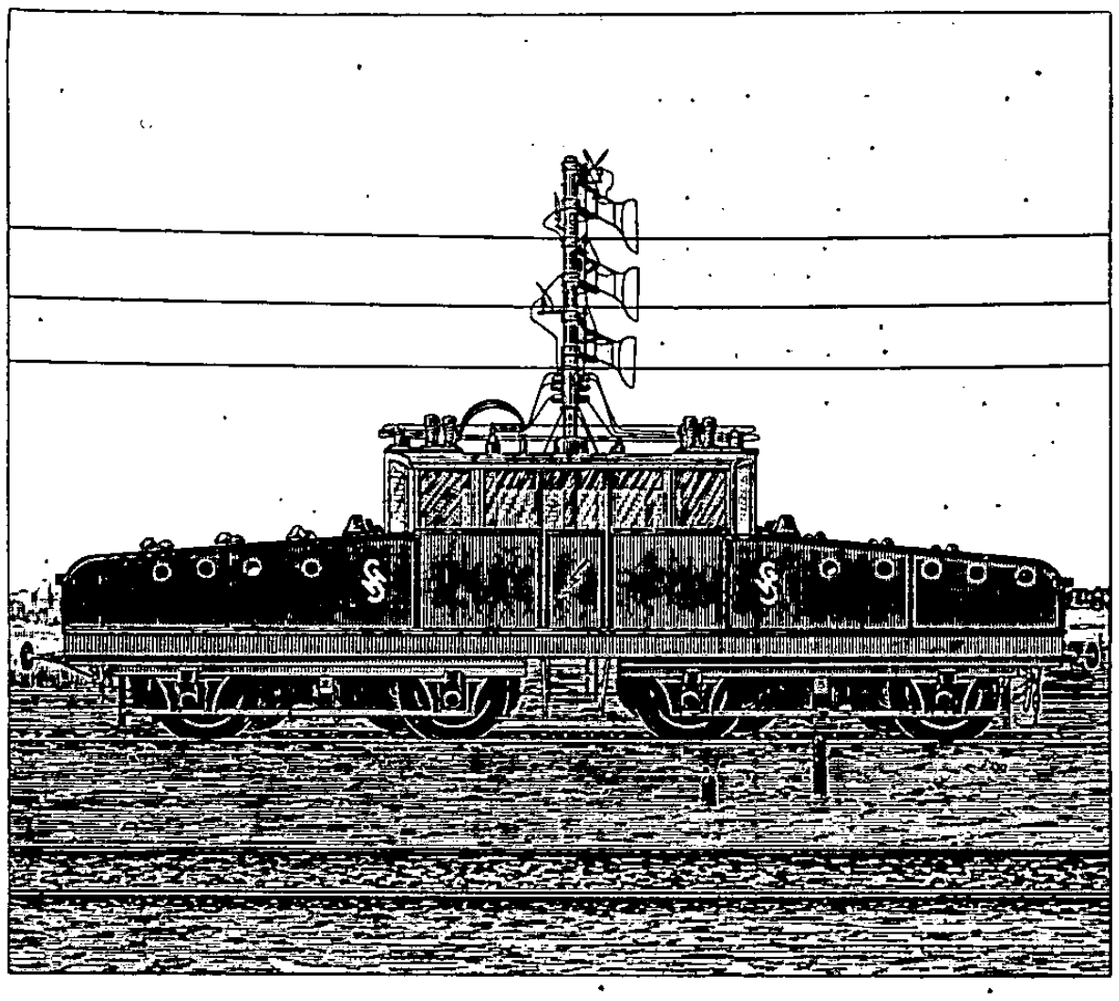


FIG. 4. — NOUVELLE LOCOMOTIVE SIEMENS ET HALSKE.

La locomotive de l'*Allgemeine* a 22 m. de longueur. Elle comprend deux compartiments à voyageurs séparés l'un de l'autre par une cabine centrale dans laquelle sont disposés les appareils à haute tension, le rhéostat de démarrage et ses accessoires. Enfin aux deux extrémités sont encore disposées les cabines de manœuvre comme dans la première locomotive Siemens.

Les courants triphasés sont recueillis par six archets indépendants, trois à chaque extrémité de la voiture; ils peuvent être éloignés de la ligne à haute tension au moyen d'une manette placée dans la cabine du wattman.

Les transformateurs sont placés sous la locomotive. Ils sont très fortement refroidis par un courant d'air, exempt de poussières, amené par de larges conduits qui débouchent au-dessus de la voiture.

L'appareil de démarrage est constitué par un rhéostat formé d'une série de plaques métalliques plongeant dans de l'eau, continuellement renouvelée au moyen d'une petite pompe centrifuge. En ouvrant ou en fermant plus ou moins, de sa cabine, la vanne d'arrivée de l'eau et la vanne de décharge, le wattman fait varier la hauteur du liquide et par conséquent l'intensité des courants passant dans les moteurs.

Les expériences exécutées avec les locomotives que nous venons de décrire ont montré la possibilité de réaliser les vitesses de 200 km. à l'heure à la condition d'assurer la stabilité de la voie. Pendant le cours des essais il a fallu consolider l'infrastructure de la ligne de Zossen en augmentant à différentes reprises l'épaisseur de la couche de ballast.

On a également constaté qu'à ces très grandes vitesses la visibilité des signaux devenait imparfaite. Il sera probablement nécessaire par la suite d'ajouter des signaux acoustiques aux sémaphores et aux disques pour augmenter l'efficacité de la protection. L'électricité se prête du reste merveilleusement bien à l'organisation d'un système de sécurité, car il est facile d'imaginer des dispositifs tels qu'une locomotive, entrant dans une section déterminée, coupe le courant à la section placée derrière elle, de façon à créer une zone de protection absolument infranchissable.

Cette question des signaux est très importante, car, à ces allures, le freinage est difficile; et il faut munir les locomotives à très grandes vitesses de freins puissants.

Enfin il a été reconnu qu'il était nécessaire, pour éviter les déraillements, de modifier la superstructure des voies en établissant sur tout le parcours des contre-rails en fer. On procède en ce moment à ces modifications; dès qu'elles seront terminées les expériences seront reprises à nouveau.

L. DRIN,
Ancien Élève de l'École Polytechnique,
Ingénieur électricien.

BIOLOGIE

LA BIOLOGIE DES ANIMAUX MARINS DE GRANDE PROFONDEUR.

Il n'y a pas plus d'un demi-siècle on se figurait le fond de la mer comme un désert infini d'où la vie, sous quelque forme que ce soit, était absolument bannie.

On croyait que les animaux devenaient très rapidement rares à mesure qu'augmentait la profondeur, et qu'à partir de 400 mètres, il n'y en avait plus trace ; on considérait ce niveau comme le zéro de la vie animale.

Certains faits cependant venaient de temps à autre montrer que la vie n'est pas incompatible avec le séjour des grandes profondeurs. On n'y attacha d'abord pas grande importance, mais à la longue leur répétition et leur diversité finirent par émouvoir le monde savant.

Les sondages nécessités par la pose d'un câble télégraphique entre l'Angleterre et Terre-Neuve, la relève d'un autre câble brisé entre l'Algérie et la Corse, la capture de poissons dans les grands fonds du large de l'Espagne, montrèrent l'existence incontestable d'animaux vivant normalement entre 2 000 et 3 000 mètres. Ce fut une révélation.

Les expéditions scientifiques se succédèrent rapidement ; elles étaient organisées par divers gouvernements, sous la direction de naturalistes, pour faire connaître la faune des abîmes. Sars, Wyville Thomson à bord du *Lighthning*, Jeffreys sur le *Porcupine*, les célèbres campagnes du *Challenger*, du *Travailleur* et du *Talisman*, sous la direction de Milne Edwards, du Prince de Monaco, de la *Belgica*, de la *Valdivia*, montrèrent l'existence d'un monde sous-marin des plus variés, aux formes les plus inattendues, aux adaptations les plus curieuses à des conditions très spéciales d'existence dans les grands fonds.

C'est aux efforts des naturalistes qui conduisaient ces expéditions que sont dus les plus grands progrès que la zoologie ait fait durant ces trente dernières années.

Les animaux qui vivent dans les profondeurs marines peuvent être, d'après leur biologie, répartis en deux catégories.

Ceux d'abord qui habitent sur le fond même de la mer, qu'ils y soient fixés, ou qu'ils soient libres de s'y mouvoir. Ceux ensuite qui flottent entre deux eaux, qu'ils y nagent ou qu'ils soient entraînés passivement par les courants. Ce sont les animaux pélagiques ; plus spécialement, dans le cas actuel, *bathypélagiques*.

On comprend que ces deux modes d'existence influent beaucoup sur la biologie des animaux et nécessite pour les capturer des engins très différents.

Les premiers sont saisis par des dragues de formes variées, très solides, d'un grand poids, remorquées au bout de longs câbles métalliques par de puissantes machines portées par des navires d'un fort tonnage. Les autres sont, au contraire, capturés par des engins légers, en forme d'entonnoirs en canevas de soie très résistante, montés sur des armatures permettant de les ouvrir ou de les fermer lorsqu'ils sont arrivés à la profondeur voulue. Ils sont fixés au bout de fils d'acier pareils à des cordes de piano.

Les animaux qui s'y engouffrent s'entassent dans une poche où on les recueille en grand nombre. Ces êtres, en général petits, constituent ce qu'on appelle le *Plankton*... La connaissance de sa composition est fort intéressante et très importante, car ces animaux servent de nourriture à de nombreux poissons, et, pour citer un exemple, aux Sardines ; les déplacements des bancs de Plankton sont une des causes déterminantes des disparitions momentanées des bancs de Sardines qui les poursuivent. Ces petits animaux ne sont pas uniformément répartis dans l'épaisseur de la mer ; la température et la densité de l'eau, les courants, la profondeur, influent beaucoup sur leur quantité, leurs espèces et leur dimension.

Les animaux des grands fonds, que l'on a trouvés jusque vers 6 000 mètres, vivent dans des conditions très différentes de leurs congénères de la surface.

A partir de 80 mètres, les végétaux, qui ont besoin de lumière pour se nourrir, ont à peu près complètement disparu, sauf quelques algues microscopiques dont, à 350 mètres, on ne trouve plus aucune trace.

Par conséquent tous les animaux qui se nourrissent de substances végétales ont disparu en même temps que les végétaux eux-mêmes. Il ne reste donc que des carnassiers, dans l'obligation, pour s'alimenter, de faire la chasse aux animaux vivants ou de se repaître des cadavres

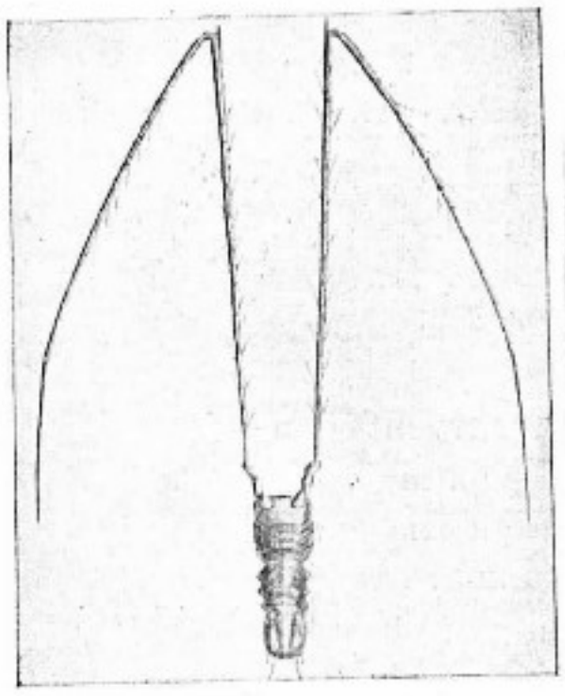


FIG. 1. — MUNNOPSIS LATIFRONS.
Crustacé pêché à 700 m. de profondeur, remarquable par ses énormes antennes.

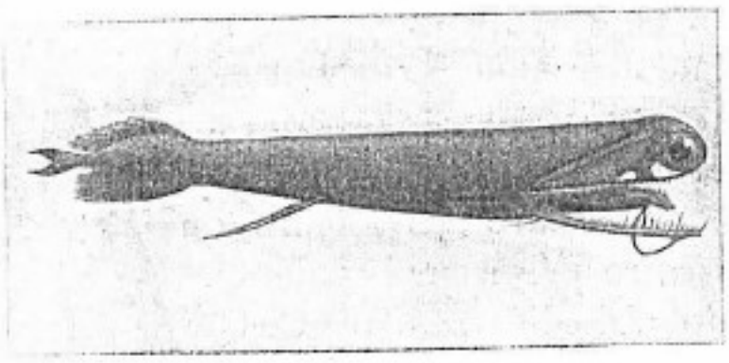


FIG. 2. — MALACOSTEUS INDICUS.
Poisson pris à 1 000 m. de profondeur. Les deux taches que l'on voit sous l'œil sont des organes lumineux. Poisson remarquable par la forme singulière de sa mâchoire. (Expédition du *Challenger*.)

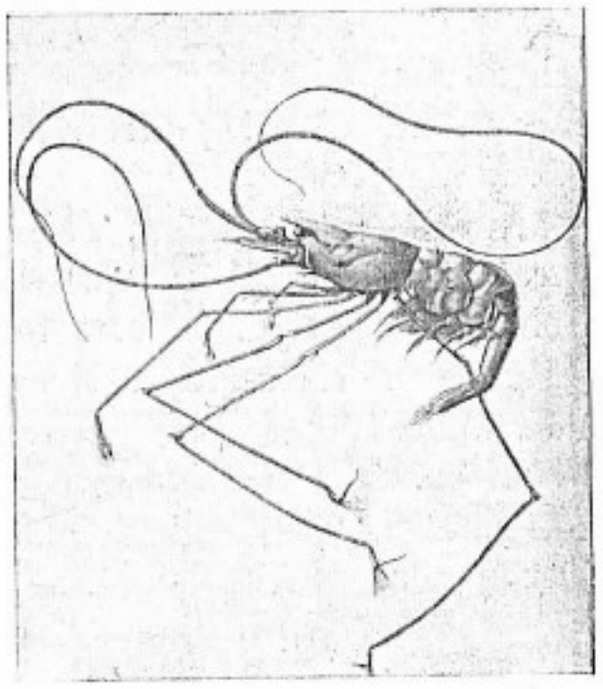


FIG. 3. — NEMATOCARCINUS UNDULATIPES.
Crustacé pris à 1 200 m. de profondeur, remarquable par la longueur de ses membres. (Expédition du *Challenger*.)

qui tombent incessamment de la surface, pluie nourrissante qu'ils recherchent avec avidité.

La conquête de la nourriture dans ces profondeurs obscures est un problème difficile à résoudre ; pour y parvenir les animaux modifient beaucoup les organes dont les membres de leur famille qui habitent la surface disposent ordinairement. Ils les adaptent à ces conditions spéciales, ils les perfectionnent de leur mieux pour en tirer le meilleur parti possible. Les uns allongent démesurément leurs pinces, les autres, comme certains poissons, pourvus d'un petit corps, le surmontent d'une gueule immense qui paraît être l'organe principal dont tout le reste n'est que l'appendice.

Le fond de la mer est recouvert d'une épaisse couche de vase molle, formée en grande partie des coquilles de foraminifères microscopiques ; les objets solides y sont très rares. Il s'en suit que les animaux qui ont besoin pour vivre de s'atta-

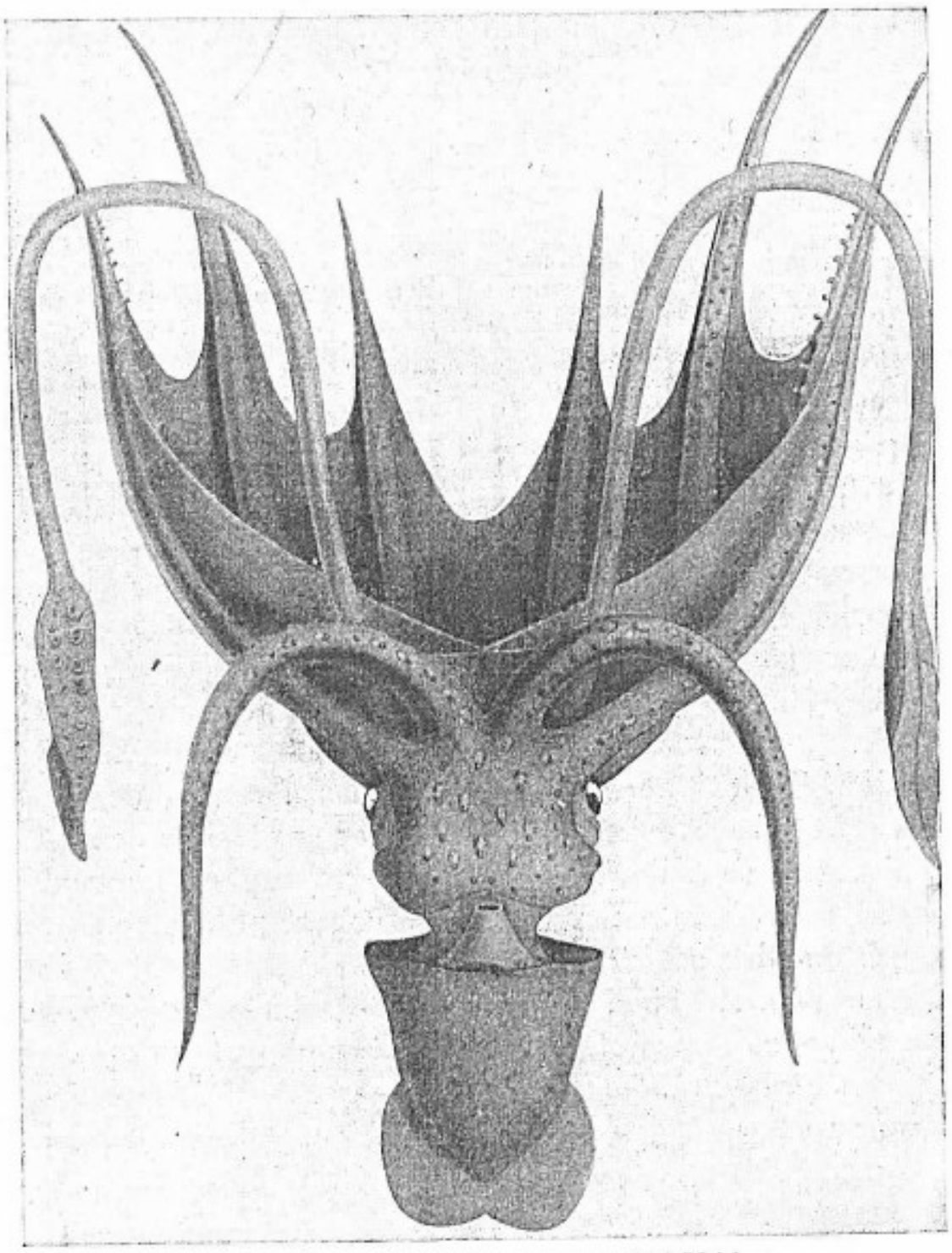


FIG. 4. — HISTIOTEUTHIS RUPPELLI.
Céphalopode habitant vers 1 000 m. de profondeur. Sa surface ventrale est toute parsemée de taches ovales qui sont des organes producteurs de lumière.

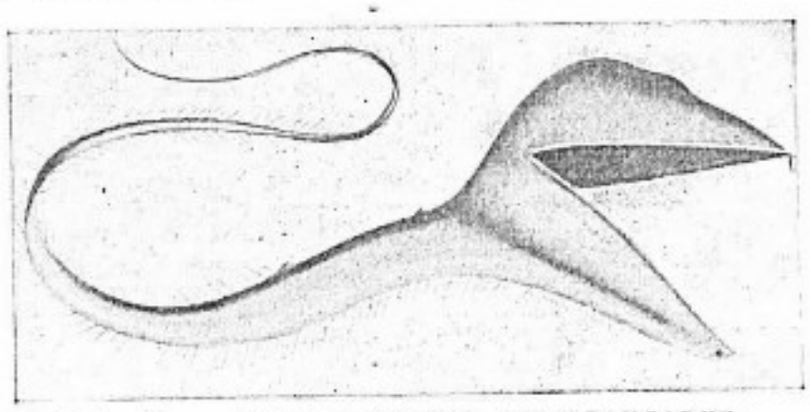


FIG. 5. — EURYPHARYNX PELECANOIDES.
Poisson pris à 2 330 m. (expéditions du *Travailleur* et du *Talisman*), remarquable par l'énormité de sa gueule par rapport à la dimension du corps.

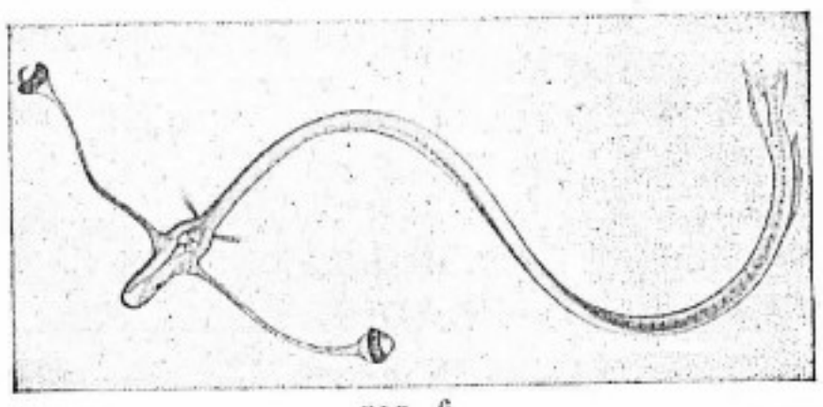


FIG. 6.
Jeune poisson pris à 2 000 m. de profondeur, remarquable par ses yeux pédonculés et par la série d'organes probablement photogènes qui se trouvent des deux côtés du corps. (Expédition de la *Valdivia*.)

cher sur une base fixe, ont en grande partie disparu faute d'avoir pu trouver un point d'appui. Ceux seulement qui peuvent modifier quelque partie de leur corps, soit pour s'implanter profondément dans ce plancher mou par une longue racine verticale, soit pour étendre des branches horizontales, arrivent à prospérer sur ces fonds. C'est le cas, par exemple, de diverses éponges.

Quant à ceux qui déambulent sur ce sol fuyant, ils ont dû allonger démesurément leurs pattes ou bien aplatir leur corps suffisamment pour augmenter le plus possible leur base de sustentation et répartir la charge sur une plus grande surface afin de ne pas être submergés dans la boue semi-liquide. Les Crustacés, les Holothuries sont les animaux les plus typiques sous ce rapport.

Une des modifications les plus intéressantes qu'entraîne la vie dans les grandes profondeurs est celle des organes de la vue, et, comme conséquence, celle des organes tactiles.

Deux cas peuvent se présenter. Ou bien la nuit est absolue, impénétrable; les animaux n'ont point besoin d'avoir des yeux, ils n'en feraient rien. Et comme c'est une des grandes lois de la nature que tout organe inutile est condamné à disparaître, chez ces animaux les yeux manquent, ou bien, ce qui revient au même, sont dépourvus de rétine. Ils sont aveugles.

Mais, par compensation, ils ont énormément développé leurs appendices tactiles; leurs pattes, tentacules, antennes, piquants, etc., deviennent immenses. Ils les promènent tout autour d'eux comme ces crevettes qui ont des pattes et des antennes de $1^{m},50$; ils augmentent ainsi beaucoup le champ de leur connaissance tactile, suppléant à leur insuffisance visuelle. Ils tâtonnent dans l'obscurité avec ces longs appendices, comme un aveugle se sert de son bâton, avec de grands gestes de leurs grands membres, qu'ils envoient en quelque sorte au loin à la recherche de la nourriture.

Dans d'autres régions la nuit éternelle est en quelque sorte étoilée, car il y a beaucoup d'animaux des grandes profondeurs qui peuvent émettre de la lumière. Lorsqu'on ramène à bord, pendant la nuit, le chalut de grands fonds, les animaux qu'il renferme brillent de mille feux. Les Méduses, les Polypes, les Étoiles de mer, les Crabes, les Pieuvres, les Poissons même, lancent des éclairs multicolores. Les naturalistes qui ont assisté à ce merveilleux spectacle le décrivent en termes enthousiastes. Ces lueurs sont produites soit par des sécrétions spéciales de la peau, soit par des appareils d'optique admirables, pourvus de lentilles et de réflecteurs qu'ils peuvent illuminer ou éteindre à volonté.

Ces organes leur servent non seulement à s'éclairer, mais aussi comme pièges pour attirer d'autres animaux dont ils font leur nourriture. Les imprudents sont saisis par les appendices préhensiles, pinces ou mâchoires, voisins des foyers lumineux. Les plus perfectionnés de ces organes se trouvent chez les Poissons, les Céphalopodes et les Crustacés.

Ces conditions si spéciales d'existence ont naturellement beaucoup influé sur la forme des animaux abyssaux. Mais, chose singulière, quelque modifié que soit leur extérieur, leurs organes internes, les traits caractéristiques de leurs familles sont demeurés immuables. On aurait pu croire que la faune abyssale, qui nous a été révélée depuis un petit nombre d'années, contiendrait des êtres absolument nouveaux par les grandes lignes de leur architecture, des types dont nous ne nous faisions aucune idée. Il n'en a rien été. Si l'on a trouvé un grand nombre d'espèces et de genres nouveaux, très curieux par leur aspect, par l'intérêt de certaines adaptations organiques, on a dû cependant constater qu'ils se rattachent tous aux grandes familles de la surface. S'il a fallu ajouter aux traités de zoologie un grand nombre de paragraphes nouveaux, l'occasion ne s'est pas encore présentée d'ouvrir de nouveaux chapitres.

Un des faits les plus intéressants a été la rencontre de types qui, par exemple chez les Crustacés ou les Crinoïdes, rappellent de très près des formes disparues depuis les temps géologiques les plus reculés.

On peut dire, enfin, que tous ces êtres des grands fonds ne sont, vraisemblablement, que les descendants d'animaux de la surface qui, peu à peu, ont émigré vers les couches profondes de la mer en s'adaptant insensiblement à leur nouvelle existence, en supprimant ceux de leurs organes devenus inutiles, en développant les autres pour compenser leur disparition, en créant enfin des appareils destinés à atténuer l'obscurité des abîmes de l'Océan.

L. JOUBIN,
Doyen de la Faculté des Sciences
de Rennes.

ASTRONOMIE PHYSIQUE

LES CIRQUES LUNAIRES SONT-ILS DES VOLCANS[1] ?

Nous avons eu l'occasion de relever entre certains cirques lunaires et certains volcans terrestres, un cas de parallélisme très net, l'existence d'une large auréole claire, formant l'épanouissement d'une couronne sombre, qui elle-même entoure un foyer central (fig. 1 et 2).

C'est dans un ordre de faits un peu différent que les savants qui, les premiers, se sont attaqués à la théorie des formations lunaires sont allés chercher leurs arguments.

Une chose les a surtout frappés : c'est que les accidents du relief terrestre qui se montrent habituellement limités par des cercles réguliers sont les édifices volcaniques. Ces formes bien connues, cônes et entonnoirs, s'observent constamment autour des centres d'éruption. Elles sont beaucoup plus fréquentes sur la Lune que sur la Terre, d'où une forte présomption pour que notre satellite soit ou ait été le théâtre d'une activité volcanique intense.

Dans ce système, chaque cirque devient un cratère de volcan, le rempart est formé par l'accumulation des scories et des laves, l'auréole est un ensemble de fissures qui rayonnent du centre ébranlé, la montagne centrale est un cône secondaire, surgi lors d'un réveil tardif de l'énergie éruptive.

Cette doctrine, bien que soutenue par des hommes de talent, tels que Nasmyth et Poulett Scrope, a bientôt rencontré des adversaires. En effet, la ressemblance entre les cirques lunaires et les volcans terrestres n'existe guère que sur un plan grossièrement esquissé.

En façade, en élévation, l'analogie laisse fort à désirer. Prenons, par exemple, une carte du Vésuve. Il est bien, dans son ensemble, inscrit dans un cercle; nous y retrouvons la disposition rayonnante. Mais ni le cratère actuel, large de quelques centaines de mètres, ni l'ancien cratère, la Somma, qui subsiste à l'état de ruine, ne sauraient faire figure un instant vis-à-vis des grands cirques. Le volcan terrestre est tout en relief; le cirque lunaire est presque tout en profondeur, et c'est à peine si le rempart, entendu dans le sens le plus large, représente le volume des matériaux extraits de la cavité.

On peut bien citer des volcans où le cratère semble avoir plus d'importance relative que dans le Vésuve : par exemple l'île Saint-Paul est un ancien volcan surgi de la mer, avec un cratère d'explosion détruit sur une partie de son contour. L'ouverture a donné accès aux eaux marines; le volcan a donc, dans un certain sens, plus de creux que de relief. Mais en réalité les pentes se prolongent bien loin sous les flots, et, si l'on prend l'édifice dans son ensemble, le cratère n'en représente encore qu'une infime partie.

On a cherché un meilleur point de comparaison en s'adressant à une classe particulière de volcans. Ce sont les bassins effondrés, qui n'ont jamais servi, dans leur ensemble, de bouche d'éruption, mais dont le fond est parfois rempli de lave et se hérisse de petits volcans secondaires. Ainsi l'île de la Réunion présente dans sa partie supérieure trois bassins contigus résultant, d'après mon savant collègue M. Vélain, de l'affaissement d'une même voûte.

Le piton Bory, également situé dans l'île de la Réunion, n'est pas sans ressemblance avec quelques enceintes lunaires. Vous remarquerez toutefois que le cône central dépasse les bords de la cassure, ce qui n'arrive point sur la Lune.

Il existe enfin dans les îles Sandwich, sur le flanc d'un énorme volcan, un bassin d'effondrement, le Kilauea, long de cinq kilomètres, et qui, à certaines époques, se remplit de lave incandescente. Cette lave y séjourne parfois assez longtemps pour se solidifier en partie, et laisse ensuite, en se retirant, des gradins adhérents aux parois. D'après le géologue Dana, qui en a fait une étude approfondie, c'est ce type de volcan terrestre qui seul doit être rapproché des cirques.

Cette concession n'a pas désarmé les adversaires du volcanisme. Les bassins effondrés sont à leur gré encore trop petits; ils sont d'ailleurs irréguliers dans leurs contours, ils manquent de remparts saillants et, sauf l'exception peut-être unique du piton Bory, de montagne centrale. Enfin rien, dans leurs abords, ne ressemble au phénomène des traînées divergentes.

Nous voyons donc surgir des théoriciens qui cherchent ailleurs des analogies. Ainsi, dans une communication présentée à l'Académie des Sciences en 1846, un officier français, le capi-

1. Voir le n° 2 de la Revue.

taine Rozet invoque d'autres exemples de forme circulaire présentés par la nature. Ce sont les tourbillons fluviaux et marins, les cyclones atmosphériques. Dans ce dernier cas, aucune limite

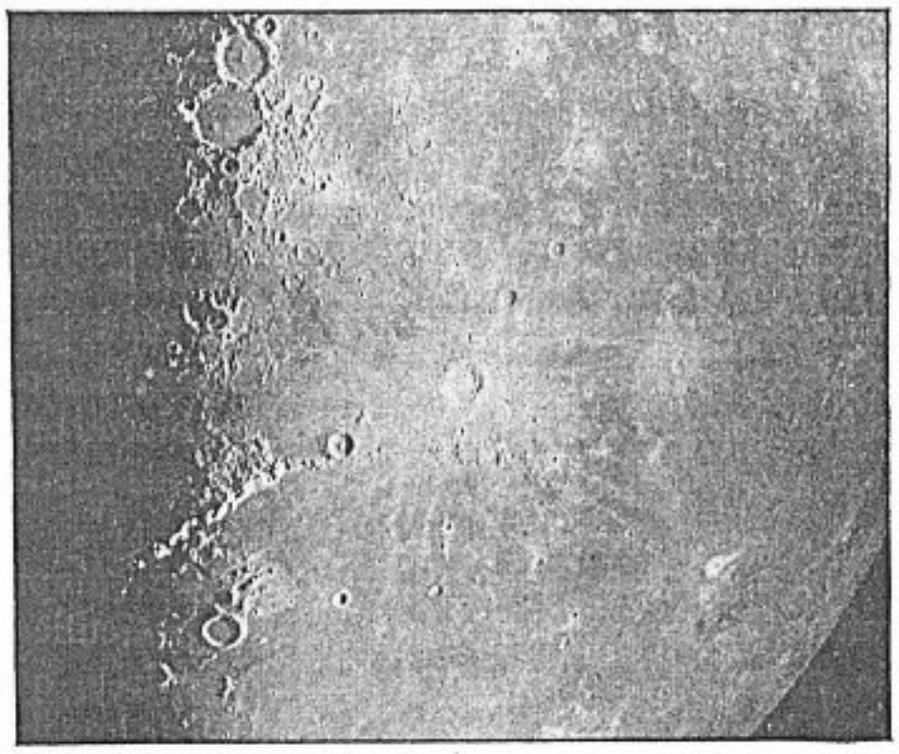


FIG. 1. — RAYONS DIVERGENTS DE COPERNIC ET DE KÉPLER.

de grandeur n'est plus imposée. De plus les tourbillons peuvent naître partout où se trouvent en présence des courants de vitesse différents. Ils ont la propriété de rejeter à leur circonférence les matériaux qu'ils transportent.

Voici donc trouvés les artisans des mers et des grandes enceintes. Chacune d'elles marque l'emplacement d'un tourbillon provoqué par les marées et les variations de température sur la planète encore liquide. A mesure que la solidification progressait, les tourbillons accumulaient sur leurs bords les scories dont ils étaient chargés. Ainsi se sont, avec le temps, édifiés les remparts.

Écoutons maintenant Faye, l'éminent astronome enlevé l'année dernière à la Science française. Lui aussi est un adversaire déterminé du volcanisme. Point de volcans, nous dit-il, sans d'abondantes émissions de vapeur d'eau et de gaz. Or la Lune n'a ni eau ni gaz; donc, les cirques lunaires ne sont point des volcans. A leur place, Faye met en jeu la force des marées provoquées par l'attraction de la Terre sur le noyau encore fluide de la Lune. Ce flot périodique a dépensé aujourd'hui toute son énergie à établir l'égalité entre les durées de rotation et de révolution de notre satellite, mais auparavant il a pu se montrer capable d'actions mécaniques importantes. Le fluide intérieur, réduit à se faire jour par d'étroits orifices, les a lentement usés et arrondis, de manière à donner à chacun d'eux les dimensions actuelles des cirques. Ce même fluide a exhaussé les bords de l'entonnoir en venant périodiquement s'y figer. Un retrait général a précédé la solidification. Du fond plat ainsi constitué, une dernière éruption a fait jaillir la montagne centrale.

Le géologue viennois Suess apporte aux idées de Dana l'appui d'observations faites sur les creusets des métallurgistes.

Chaque cirque est pour lui un emplacement ramené à l'état liquide par un flux de chaleur interne. Les montagnes situées en bordure sont des scories charriées par les courants et accumulées sur le rivage. Les variations de niveau se sont accomplies moins sous l'influence des marées que par le dégagement des gaz dissous et emprisonnés. Les petits orifices formés en dernier lieu sont des bouches d'explosion et l'on ne voit pas quel agent autre que la vapeur d'eau a pu les produire. Les auréoles sont, comme dans la théorie de Nasmyth, des fissures rayonnantes, et le changement de teinte du sol sur leur trajet est la conséquence d'émanations locales, semblables aux fumerolles des volcans italiens.

Voici maintenant une série d'expérimentateurs qui se livrent dans un but scientifique à l'opération culinaire connue sous le nom de friture. Je citerai seulement, comme le plus récent et non le moins distingué, M. Stanislas Meunier. Vous prenez une masse pâteuse, plâtre, mortier

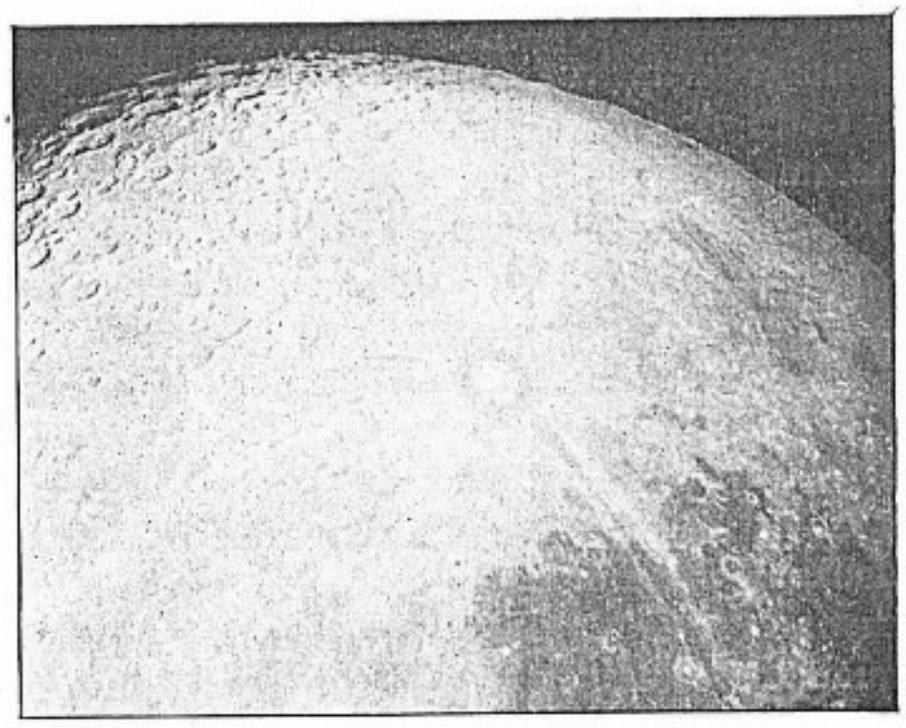


FIG. 2. — TYCHO. AURÉOLE CLAIRE ET COURONNE SOMBRE.

ou ciment; vous y incorporez de l'eau, un peu de matière grasse ou de glu pour faciliter la prise, et vous chauffez le mélange. Un moment vient où des bulles volumineuses crèvent à la sur-

face. Si les proportions ont été bien choisies, un certain nombre de bulles laissent leur empreinte dans la croûte figée, et ces empreintes sont des images passablement fidèles des cirques lunaires. Ou ces expériences sont sans application à notre sujet, ou leurs auteurs nous demandent d'admettre qu'un grand cirque peut ainsi se former d'un seul coup, c'est-à-dire qu'une bulle dégagée dans une masse pâteuse peut mesurer aussi bien 100 kilomètres qu'un centimètre.

La transition est encore plus malaisée, on en

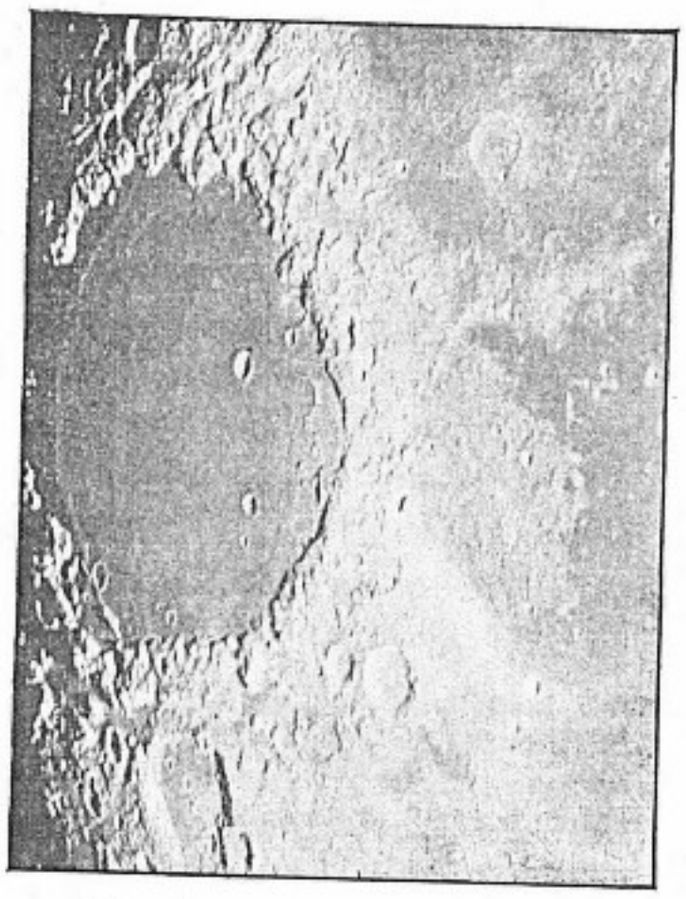


FIG. 3. — MER DES CRISES.

conviendra, que des cratères terrestres aux cirques lunaires.

D'autres, suivant une indication donnée en 1848 par l'astronome allemand Gruithuisen, s'attachent à la ressemblance qui existe entre nos cirques et les empreintes d'un projectile dans un sol meuble. Le difficile, évidemment, n'est pas d'obtenir un trou, c'est de réaliser le bourrelet saillant et la montagne centrale.

Les expériences les plus suivies et les plus heureuses dans cette direction sont celles de M. Alsdorf. Elles ont été publiées en 1898. M. Alsdorf étend sur une planche une couche de poudre homogène; c'est le lycopode qui réussit le mieux. Il y projette dans divers angles des balles élastiques de laine ou de caoutchouc. En se relevant, le projectile exerce sur la poudre une sorte d'aspiration. Le bourrelet et l'éminence centrale apparaissent. Employez un projectile de forme irrégulière, et l'enceinte va devenir anguleuse. Superposez deux couches de teinte différente, et les particules ramenées à la surface imiteront les traînées divergentes.

Les photographies données par M. Alsdorf ne feront pas illusion à un observateur familier avec les cirques lunaires, mais il n'y a pas à contester que la ressemblance ne soit réelle.

Deux choses, toutefois, nous inquiètent : un projectile vigoureusement lancé donne une empreinte en rapport avec ses propres dimensions. Faut-il admettre que la Lune ait reçu, dans toutes ses parties, une averse de bolides de 100 kilomètres de diamètre et davantage, bombardement que l'on n'a jamais constaté et dont les observations

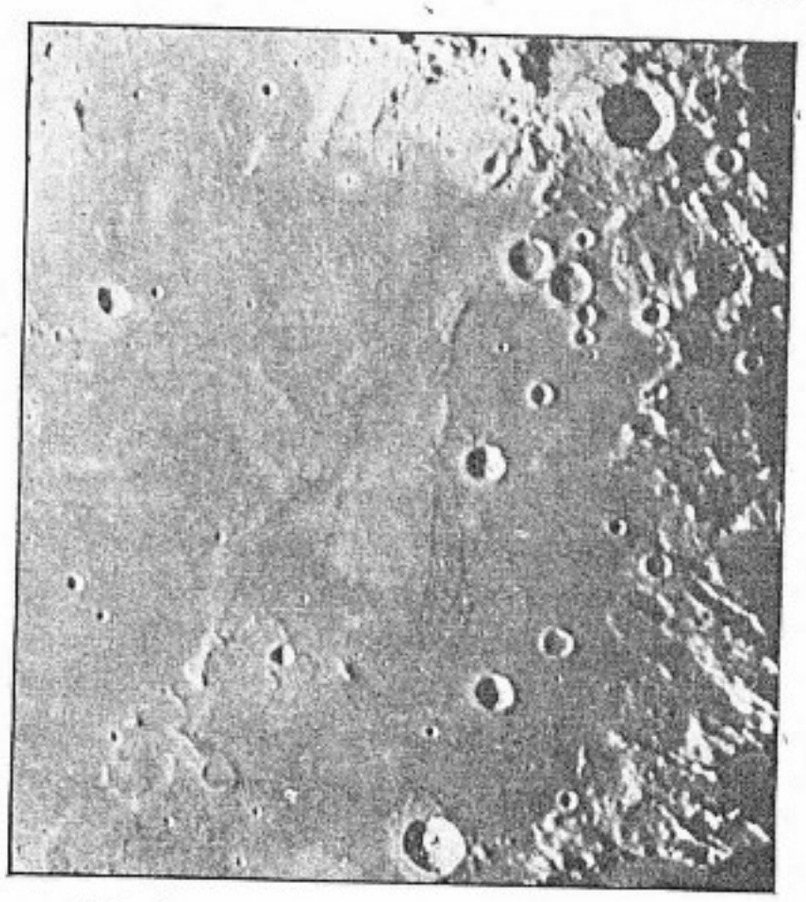


FIG. 4. — MER DE LA TRANQUILLITÉ.
Arago, cirque le plus voisin du centre de la figure.

géologiques n'indiquent aucune trace? M. Alsdorf ne recule pas devant cette conséquence. Faudra-t-il croire aussi que, deux corps célestes venant à se rencontrer, le plus petit rebondira comme une balle élastique, sans qu'il y ait écrasement ou pénétration? Ici l'invraisemblance est trop forte : aussi M. Alsdorf renonce, — il a dû lui en coûter, — à interpréter son expérience au profit de la formation des montagnes centrales. Il admet que la pénétration du projectile est suivie d'un violent dégagement de chaleur, sous l'influence duquel le massif intérieur surgit au fond de l'empreinte.

Nous voyons que dans toutes ces théories, celle du capitaine Rozet excepté, le volcanisme n'est pas aussi maltraité qu'il en a l'air. On le proscrit au début, mais en définitive on revient à lui. Qu'est-ce en effet qu'une éruption, sinon la création d'un relief sous l'influence d'un excès de pression interne? Or c'est bien à des actions de ce genre que M. Stanislas Meunier demande l'érection instantanée d'un cirque lunaire. Par elles M. Suess fait fissurer la planète presque

entière autour d'un même centre d'ébranlement. C'est elles que Faye et M. Alsdorf chargent de construire d'un seul coup les montagnes centrales, c'est-à-dire des massifs de 1 500 à 2000 mètres de haut. C'est exiger des forces éruptives plus qu'elles ne sont capables de donner d'après notre expérience terrestre, car les grands édifices volcaniques sont tous le résultat d'accumulations séculaires.

La théorie des tourbillons reste la seule à ne rien emprunter aux volcans; mais aussi elle offre deux lacunes bien sensibles en ce qui concerne les montagnes centrales et les traînées. D'ailleurs en faisant édifier les remparts des cirques par les tourbillons, elle leur impose une tâche qui sort singulièrement de leurs habitudes.

Autant que nous pouvons le savoir, les cyclones détruisent et ne bâtissent pas. Vouloir faire constituer par eux des formes régulières permanentes, avec un relief de plusieurs milliers de mètres, c'est attendre des tourbillons une stabilité, une persévérance dans l'action qui ne cadre pas avec leur tempérament voyageur.

A s'en tenir aux leçons que la Terre nous donne, il est indéniable que l'énergie expansive de l'intérieur du globe est la seule force qui réussisse à combattre efficacement le poids de l'écorce et à créer des reliefs durables. Avant de recourir à des influences problématiques, à des catastrophes inouïes, n'est-il pas sage de se demander si cette cause, d'une réalité et d'une puissance incontestables, n'a pas été à même de produire sur notre satellite d'autres effets encore?

Qu'elle y ait agi sous une forme ou sous une autre, il n'y a pas de motif raisonnable d'en douter. La Lune, moitié moins dense que la Terre, est formée de matériaux légers. Les gaz et les vapeurs ont dû s'y trouver en grande proportion. Ils ont été plus aisément que sur la Terre enfermés dans l'écorce, par la simple raison qu'un globe plus petit subit un refroidissement plus rapide.

Voici donc les deux adversaires en présence : lequel va l'emporter? Sur la Terre, l'issue du combat n'est pas douteuse. Les matières éruptives, impuissantes à soulever les couches solides, s'insinuent péniblement dans les fissures. Ce n'est guère qu'au moment d'arriver au jour qu'elles font sauter, qu'elles pulvérisent parfois le dernier obstacle opposé. Sur notre satellite les conditions de la lutte sont bien différentes. La force expansive des vapeurs reste tout entière; il est même probable qu'elle est augmentée. La pesanteur, au contraire, est réduite à la sixième partie de sa valeur. Il y a donc des chances sérieuses pour que, pendant une certaine période au moins, la force éruptive l'emporte, et pour que l'écorce lunaire se soulève par intumescences.

Quelle forme prendront ces ampoules? Ce seront des portions de sphère, par la raison bien simple que la sphère est, entre toutes les figures, celle qui comprend sous une surface donnée la plus grande capacité. Ainsi, en demeurant sphérique, la croûte réalise, au prix de la moindre extension possible, l'augmentation de volume qui lui est demandée. Ces calottes sphériques, de plus petit rayon que la surface lunaire, la couperont suivant des cercles et nous obtenons ainsi une raison plausible de la régularité du contour des cirques.

Quelle étendue chacune de ces intumescences va-t-elle recouvrir? Celle où se manifeste à la fois un fort accroissement de pression interne. Nous avons à cet égard une indication utile dans l'allure habituelle des volcans terrestres. Il est commun, en effet, de voir entrer simultanément en éruption tous les volcans d'une même région, à des distances de 200, 300, 500 kilomètres et davantage. Récemment encore la catastrophe de la Martinique était le signal d'un réveil d'activité sur les rivages de la mer des Antilles, dans l'Amérique Centrale, et jusque dans la République de l'Équateur. Voilà des périmètres où nous pouvons nous mouvoir à l'aise.

Mais l'édifice ainsi construit n'est pas stable. Un jour ou l'autre des fissures s'y dessinent. Des cônes volcaniques s'élèvent au point le plus faible, c'est-à-dire vers le sommet de l'intumescence. Le moment vient où la pression intérieure diminue, et la pesanteur, qui ne perd jamais ses droits, abaisse le centre du dôme. Cet affaissement, propagé par zones concentriques, finit par ne laisser debout que l'assise inférieure de la voûte, celle qui forme aujourd'hui le rempart. Les gradins intérieurs représentent ces bordures affaissées en dernier lieu, et que leur situation en porte à faux vouait à la destruction. L'examen de ces terrasses montre leurs éboulements successifs vers le centre, jamais les refoulements centrifuges qu'auraient opérés des projectiles ou les alluvions qui seraient l'œuvre des marées.

Le mouvement de descente du centre sera le plus souvent assez lent pour respecter le relief

antérieur et pour laisser au massif volcanique une certaine prééminence sur ce qui l'entoure. Qu'un épanchement se produise, et les cônes d'éruption en émergeront comme des îles, sans relation visible avec le rempart.

L'énergie intérieure est sujette à récidive : elle pourra se manifester encore par la formation de nouveaux cirques sur l'emplacement consolidé du premier, plus tard par des explosions semblables à celles des volcans terrestres. Ces explosions auront pour siège soit la montagne centrale, soit les orifices semés sur les crevasses de rupture et bien souvent trop petits pour être observés.

- Les auréoles et les traînées divergentes sont des cendres disséminées par ces cataclysmes. L'étendue qu'elles embrassent n'est pas telle que nous ne puissions en trouver des exemples dans l'histoire des volcans terrestres. Ainsi il est avéré que des éruptions islandaises ont été suivies de pluies de cendre jusqu'à Stockholm, à 1 700 kilomètres de distance. Ces dépôts ont seulement trouvé sur la Lune des conditions plus favorables à leur conservation.

En résumé, les cirques ne sont pas pour nous des cratères de volcans, mais des régions volcaniques soulevées, puis affaissées. Si l'on se place à ce point de vue, on sera dispensé, pour expliquer les formations lunaires, d'imaginer des bolides gigantesques, de faire construire des montagnes par des bulles de gaz, des cyclones et des marées. Il suffira d'admettre que, dans le conflit perpétuel entre la pesanteur, d'une part, et l'expansion des vapeurs, de l'autre, la seconde force a pris momentanément le dessus.

Et cette hypothèse n'est pas inventée pour le besoin de la cause, elle est suggérée par les données les plus certaines de la Mécanique céleste et de la Physique.

Mais, dira-t-on, ces intumescences, données comme le chapitre préliminaire de la formation d'un cirque, pourquoi ne nous les montre-t-on pas? Sans doute parce que les dômes ainsi créés manquaient de stabilité; parce que les conditions qui leur ont permis de se former ne se rencontrent plus. La croûte épaissie, le dégagement des gaz plus avancé, ne laissent plus les soulèvements se produire, pas plus dans le monde lunaire que dans le nôtre.

Il est inexact cependant de dire que l'on n'aperçoit sur notre satellite aucune forme convexe régulière. Il y en a deux, dans le voisinage d'Arago, qui sont d'une observation facile et que je mettrai sous vos yeux (fig. 4). Ces deux ampoules mesurent à peu près 40 kilomètres de largeur. Que leur centre vienne à s'effondrer et deux nouveaux cirques, de dimension moyenne, se seront formés sous nos yeux.

En attendant, on nous permettra de regarder ces rares témoins d'un âge disparu avec un peu de cette vénération que les archéologues ressentent en face des médailles antiques.

P. PUISEUX,
Astronome adjoint
à l'Observatoire de Paris.

HISTOIRE DES SCIENCES

LE NOUVEAU DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS : M. PAUL APPELL.

C'est le 18 mars que s'est réunie, à la Faculté des Sciences de Paris, l'assemblée plénière des Professeurs et Maîtres de conférences pour désigner un successeur au doyen, M. Gaston Darboux, démissionnaire. Les deux courants qui, généralement, poussent les votes, dans les collèges électoraux de toute espèce, soit vers l'homme le plus utile soit vers l'homme le plus sympathique, convergèrent, dans cette circonstance, vers le même nom : celui de M. Paul Appell, membre de l'Institut, professeur de mécanique rationnelle à la Faculté. La liste de présentation fut composée, suivant l'usage, de deux candidats : en première ligne, M. Appell; en deuxième ligne, M. G. Lippmann, l'illustre physicien, qui était déjà l'assesseur de M. Darboux et avait décliné toute prétention à le remplacer. Cette liste fut ratifiée le 30 mars par le vote du *Conseil de l'Université*, et, dès le 1er avril, M. Appell, officiellement nommé doyen, était installé dans ses fonctions par son prédécesseur, nommé lui-même *doyen honoraire*.

Je passerais pour un chroniqueur infidèle, ou

mal informé, si je ne mentionnais pas ici l'acclamation unanime de sympathie qui a salué cet avènement; et, d'ailleurs, il m'est personnellement agréable et doux de m'en faire l'écho même affaibli. Mais je me garderai bien d'en détailler les multiples raisons, de peur d'offenser la modestie de celui qui en fut l'objet. D'autant que nul éloge n'aurait autant de force que la simple énumération des titres de tous ordres qu'il a accumulés dans une carrière, relativement courte mais brillante, et dont il n'a certainement pas atteint l'apogée : car M. Appell (Paul-Émile), né à Strasbourg (département français du Bas-Rhin), le 25 septembre 1855, n'a pas encore quarante-huit ans.

Il est vrai qu'il l'avait inaugurée de bonne heure par des succès scolaires exceptionnels et par de précoces travaux de recherches. Reçu à l'École normale, à dix-huit ans, il passa sa thèse de doctorat[1] en troisième année d'école, avant l'agrégation. Il n'en fut pas moins reçu agrégé, à la fin de la même année, en 1876 : il n'avait pas encore vingt et un ans. Ayant ainsi prouvé que ses aptitudes à l'enseignement ne le cédaient en rien à son esprit d'invention, il fut nommé tout de suite dans l'Enseignemenl supérieur, d'abord Répétiteur à l'École pratique des Hautes Études, en 1876, puis Maître de conférences à la Sorbonne, en 1877. Deux ans plus tard, comme l'Administration manquait de docteurs pour développer l'enseignement supérieur des mathématiques en province, on expédia le jeune Maître de conférences à la Faculté de Dijon, pour y enseigner la mécanique rationnelle. C'est au même moment, et pour les mêmes raisons, que son brillant camarade et émule, Émile Picard, était envoyé à la Faculté de Toulouse. Tous les deux ne tardèrent pas du reste à être rappelés à Paris, en 1881, après deux années de cette sorte de campagne civile et universitaire — qui ne comptèrent pourtant pas *double* dans leurs états de service. Depuis cette époque, M. Appell n'a pas cessé d'enseigner avec éclat la mécanique rationnelle, au titre de Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

PAUL APPELL.

Ce labeur ininterrompu et si absorbant de l'Enseignement supérieur ne parvint pas à détourner un seul instant le jeune mathématicien de ses recherches personnelles. Je n'en citerai pas d'autres preuves que les distinctions académiques qui lui furent accordées presque sans interruption. Ce fut le *Prix Bordin*, en 1885; le *Prix Poncelet*, en 1887; le *Prix Petit d'Ormoy*, en 1889. Cette même année, l'attention du monde savant fut appelée sur lui par la grande Médaille d'or qui lui fut décernée dans le concours international institué par S. M. Oscar II, roi de Suède et de Norvège, à l'occasion du 60e anniversaire de sa naissance. De sorte que, lorsqu'il fut appelé à siéger à l'Académie des Sciences, en 1892, le simple catalogue raisonné de ses travaux personnels, dans toutes les branches de la Mathématique, formait une brochure de 110 pages grand in-4°[1]. A cette liste — longuement accrue depuis 1892 — il convient d'ajouter la liste non moins imposante de ses publications

1. Cette thèse était un travail, qui fut très remarqué, sur les *Cubiques gauches*. Il a été inséré aux *Annales Scientifiques de l'École normale supérieure*.

1. Voir la *Notice sur les Travaux scientifiques* de M. Paul Appell, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, répétiteur à l'École Polytechnique, Gauthier Villars et fils, 1892.

d'enseignement [1]. Elle complète l'idée qu'on doit se faire de l'étendue du champ où évolue l'activité professionnelle de M. Appell.

Voilà l'homme que ses collègues ont élevé à l'insigne honneur et soumis à la lourde responsabilité du décanat de la Faculté des Sciences de Paris ; ou du moins voilà quelques-unes des raisons professionnelles de leur choix. Il est à peine utile de faire remarquer ici que ces fonctions sont des plus difficiles et des plus délicates qu'un honnête homme puisse assumer, non seulement à cause de la haute valeur du personnel enseignant et de l'importance des intérêts matériels et moraux en jeu, mais encore par la multiplicité et l'imprévu des incidents administratifs, qui s'engendrent mutuellement et d'une manière presque continue. Mais comme, d'autre part, il est peu de difficultés administratives qui ne cèdent à l'activité persévérante, à l'équité bienveillante et judicieuse et à la parfaite courtoisie, tout le monde a le sentiment bien net que ces fonctions sont en bonnes mains et qu'elles seront excellemment remplies.

G. MANEUVRIER.

Tribune libre d'Enseignement expérimental.

Combustion de l'ammoniaque par l'acide nitrique.

On sait que l'ammoniaque à l'état gazeux, même sec, n'est pas assez combustible pour brûler dans l'air. Mais il peut brûler dans l'oxygène en présence d'un fil de platine légèrement chauffé.

J'ai pensé que des corps oxydants comme l'acide azotique devaient agir comme l'oxygène. En effet, si, dans une éprouvette à pied (fig. 1), on fait arriver d'une part un courant de vapeur d'acide nitrique fumant et d'autre part un courant d'ammoniaque, puis, que l'on introduise dans le mélange un fil de platine roulé en spirale et chauffé au rouge ou, plus simplement, la flamme d'un bec Bunsen, on verra l'ammoniaque s'enflammer et la combustion continuer tant que durera le courant des deux vapeurs.

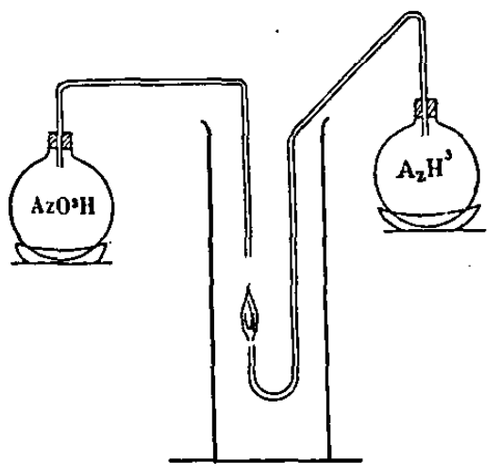


FIG. 1.

Communiqué par M. CROSNIER,
Chef des travaux chimiques à l'École supérieure des sciences et des lettres de Rouen.

Réponse à la proposition expérimentale du n° 2 de la Revue.

Pour vérifier la proportionnalité de l'énergie cinétique d'un corps au carré de la vitesse qui l'anime, M. L. Baillif propose l'emploi de la machine d'Atwood (fig. 2). Deux curseurs annulaires placés au même niveau sont destinés : le premier, C, à retenir la masse additionnelle m qui a agi sur le système M + M de o en C, et cela à l'instant où le système possède la vitesse mesurée dans une expérience préliminaire; le second C′, à supporter une masse additionnelle m' qu'enlève à son passage par l'anneau la masse montante. Si cette masse surcharge m' se trouve élevée de la hauteur h' lorsque la vitesse du système est nulle, l'énergie cinétique du système a pour mesure le travail $m'h'g$ à son passage en CC′.

En mesurant les valeurs de v et h', au moyen de la même surcharge m' et modifiant soit la surcharge m, soit la hauteur de chute accélérée h par déplacement des curseurs, on devra vérifier que pour le système

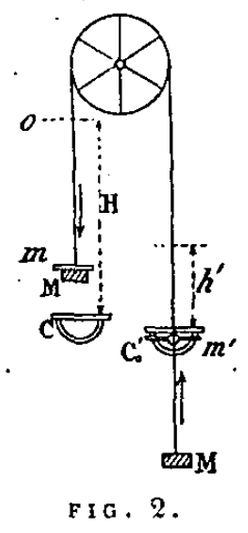


FIG. 2.

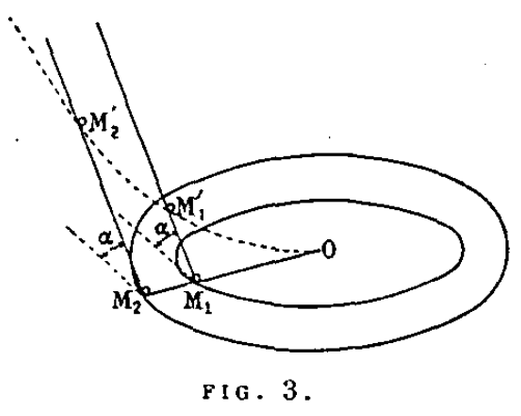


FIG. 3.

M + M les valeurs obtenues pour le carré de la vitesse sont proportionnelles aux ascensions h' correspondantes.

M. L. Baillif propose encore d'établir un appareil dont il reconnaît la complication, et satisfaisant aux conditions suivantes : des billes de même masse sont entraînées par un bras o (fig. 3) que l'on peut aisément animer d'un mouvement de rotation horizontal.

A chaque instant les vitesses des masses sont entre elles comme les rayons des trajectoires circulaires qu'elles décrivent et, par conséquent, les énergies cinétiques de ces masses sont proportionnelles aux carrés des rayons des trajectoires.

Si donc ces masses sont engagées au même instant le long des tangentes aux trajectoires, et si celles-ci sont immédiatement inclinées d'un même angle α sur l'horizon, les masses atteindront des points qui sont sur une parabole tangente au centre o à la position occupée par le bras, lorsque les billes l'abandonnent.

Ce sont là d'ingénieuses tentatives; je crois, toutefois, devoir maintenir la proposition.

1. *Cours de Mécanique rationnelle*, professé à la Faculté des Sciences de Paris, feuilles lithographiées, rédigées par MM. Abraham et Delasens. — *Notes de Géométrie analytique*, ajoutées à la Géométrie analytique de Briot et Bouquet. — *Traité de Mécanique rationnelle*, 3 vol. — *Théorie des fonctions algébriques et de leurs intégrales*, avec une préface d'Hermite, en collaboration avec M. Goursat. — *Éléments de la théorie des fonctions elliptiques*, en collaboration avec M. Lacour. — *Traité de Mécanique*, à l'usage des candidats à l'École centrale. — *Traité d'Analyse à l'usage des physiciens et des Ingénieurs.*

Théodolite de démonstration (travail d'élèves).

Ayant eu de la peine, en province, à obtenir un théodolite pour les cours du Lycée, j'ai eu l'idée, au Lycée Voltaire, d'y intéresser les élèves.

Sur mes indications, un élève a demandé à faire l'appareil rudimentaire que voici : un cercle azimuthal en bois A reposant sur trois pieds, au centre une broche OZ s'élevant perpendiculairement au cercle. Sur cette broche tourne un tube en bois supportant le cercle vertical B. — Au centre de celui-ci tourne enfin une lunette figurée par un tube aveugle T en carton (fig. 1).

Sur ma demande, un élève s'est offert à dessiner deux cercles gradués sur papier

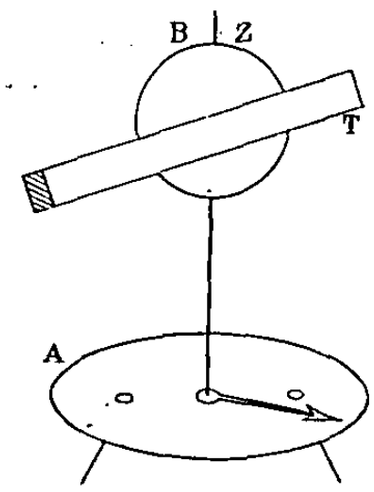


FIG. 1.

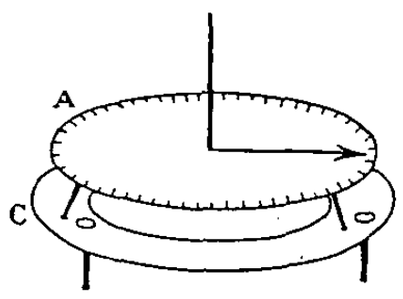


FIG. 2.

que j'ai collés sur les deux autres. — Puis j'ai substitué au tube inutile un tube noirci avec un objectif de 0 fr. 30 et un oculaire de 0 fr. 25. — J'ai croisé deux cheveux fins pour le réticule. Enfin j'ai découpé une couronne en bois C, dans laquelle j'ai engagé et collé les trois pieds du précédent, puis j'y ai fixé trois boulons de cuivre dont j'ai garni la tête de trois grosses rondelles en bois. J'ai eu ainsi trois vis calantes (fig. 2).

Il est clair que, si j'y avais poussé mes élèves, ils auraient tout fait par eux-mêmes.

En définitive, j'ai un théodolite complet pour la démonstration et :

1° Il n'a rien coûté;

2° Il a été pour les élèves, qui ont pris part à sa construction, un exercice utile et amusant;

3° Il sert à mes collègues et à moi;

4° Tous les élèves demandent à le voir et on peut le laisser se promener sans danger.

Communiqué par E. POUTHIER,
Professeur au Lycée Voltaire.

Transformation du travail mécanique en chaleur.

L'appareil que nous allons décrire permet de montrer facilement *à toute une salle* le dégagement de chaleur dû à la *percussion*, autrement dit, la transformation du travail mécanique en chaleur.

On prend un ballon de verre de 150 cc. de capacité environ, muni de deux tubulures A et B. On ferme la tubulure B par un bouchon de liège ou mieux de caoutchouc traversé par un tube de verre capillaire C de 1 m. de long environ. Dans la tubulure A on dispose un tube à essai entouré d'un morceau de tube de caoutchouc épais faisant office de bouchon.

Après avoir rempli le ballon d'alcool coloré par de l'aniline, on met le tube T en place et on s'assure qu'il ferme hermétiquement la tubulure A. On a ainsi réalisé un véritable *thermoscope*. Toute élévation de la température extérieure ou intérieure va provoquer une ascension de l'alcool dans le tube capillaire.

On verse dans le tube T du mercure jusqu'en *m* par exemple, puis on dispose l'appareil sur un support qui le maintient incliné comme l'indique la figure 3. Enfin on fixe sur le tube C une bande de papier blanc portant un index et l'appareil est prêt à fonctionner.

Sur un bloc de fer on martèle alors rapidement une tige de plomb, puis on la plonge dans le mercure du tube à essai. On voit bientôt le niveau de l'alcool monter de

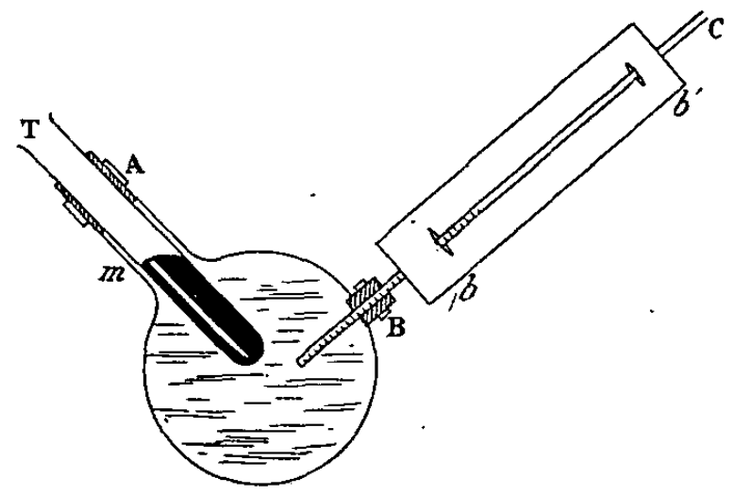


FIG. 3.

plusieurs centimètres dans le tube C. Le martelage avait donc élevé la température du plomb dont la chaleur s'est communiquée promptement au mercure, puis à l'alcool. Grâce au colorant et à la bande de papier *bb'* on voit fort nettement, même de loin, l'ascension progressive du liquide dans le tube capillaire.

Communiqué par M. TH. NOGIER,
Préparateur de Physique médicale
à l'Université de Lyon.

Le dispositif de M. Nogier est en réalité un véritable calorimètre, d'une construction rapide, analogue à celui dont firent usage autrefois Favre et Silbermann. La boule de ce dernier calorimètre était en fer et contenait, au lieu d'alcool, du mercure.

Nouvel équipage magnétique à aiguille verticale [1].

MM. V. Crémieu et H. Pender ont construit un équipage magnétique astatique très sensible qui rappelle par certains côtés les systèmes Weiss, Broca.

Il est ainsi composé : une feuille de mica de 10 cm. de largeur et de 65 mm. de hauteur, fixée par le milieu de sa largeur à l'extrémité d'un fil d'argent de $0^{mm},025$ de diamètre et de 95 cm. de longueur. Vers l'une des extrémités de la feuille sont fixés 6 petits aimants cylindriques de 65 mm. de longueur, pesant ensemble environ 2 gr.; le contrepoids est formé par une lame de laiton de poids égal qui peut glisser le long du bord supérieur de la lame de mica. On donne à cette lame une position pour laquelle les aimants sont verticaux. La période d'oscillation du système est alors de 65'. Si un champ magnétique de 10^{-6}CGS est produit, au voisinage du pôle inférieur par exemple, il sera accusé par une rotation nettement mesurable de l'équipage.

Il est facile d'établir un système semblable, avantageux en raison de son insensibilité aux variations du champ uniforme dans lequel il est placé, lorsque les besoins de l'Enseignement l'exigent, surtout si on ne recherche pas, *ce qui est la plupart du temps inutile*, une sensibilité exagérée. Une lame-support, un fil pour la torsion, une aiguille à tricoter en acier, pour préparer les aimants, une tige contrepoids, voilà tout le matériel nécessaire.

G. M.

1. Comptes rendus de l'Académie des Sciences.

TÉLÉGRAPHIE

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. ÉTAT ACTUEL ET AVENIR.

Généralités.

De toutes les découvertes récentes que l'on doit aux perfectionnements incessants de la science électrique, la *télégraphie sans fil* est peut-être celle qui a le plus frappé l'imagination. Les moindres applications en sont annoncées par la presse entière et suivies par tous avec un grand intérêt. A quoi faut-il attribuer cet étonnement et cet intérêt? Ce n'est certainement pas au supplément de bien-être qui peut en résulter, car la majorité n'aura vraisemblablement jamais à bénéficier des avantages, s'ils existent, que présente le nouveau moyen de communication sur ses prédécesseurs. Il semble plutôt qu'une des causes cherchées réside en ce fait, que l'idée de télégraphie est toujours associée à celle de fil, grâce aux faisceaux ininterrompus de conducteurs de tous diamètres que l'on est habitué à voir le long des routes et des chemins de fer.

Il existe bien, depuis nombre d'années, la *télégraphie optique* qui est, elle aussi, une télégraphie sans fil, mais elle n'est connue que d'un petit nombre et, de plus, son explication n'offre aucune difficulté. Il n'en est pas de même de la télégraphie sans fil, dont la théorie n'a pas encore été établie d'une manière suffisante, et les explications, bien qu'incomplètes, que l'on peut en donner, ne sont pas à la portée de tous et ne figurent pas même dans les traités de physique. C'est là, semble-t-il, qu'il faut voir encore une des raisons de l'engouement général, car l'esprit humain se passionne toujours pour l'inaccessible ou l'inconnu.

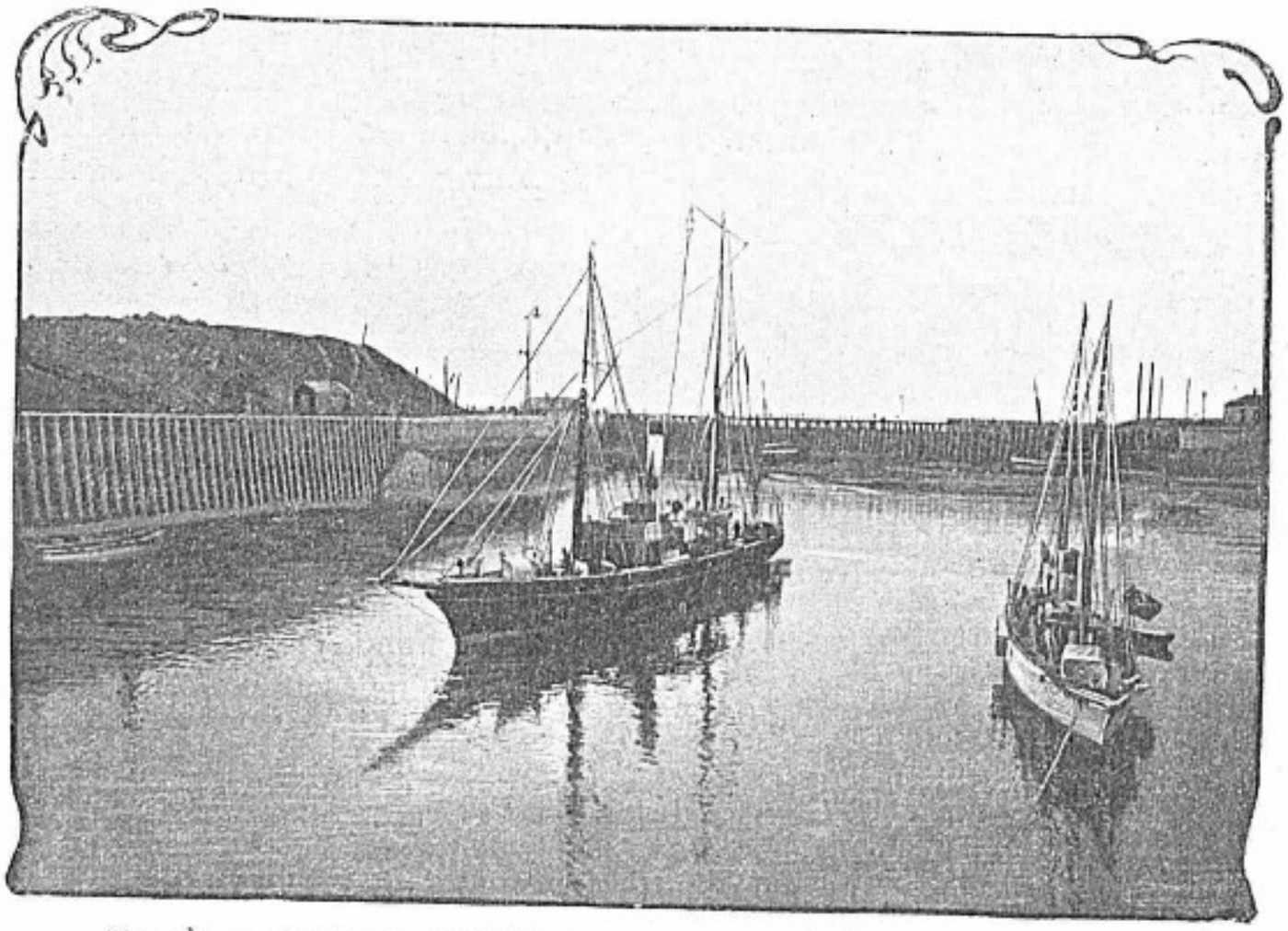


FIG. 1. — BATEAUX MUNIS DE POSTES DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

Sans aborder les hautes théories scientifiques, il est néanmoins possible aux esprits cultivés de se faire une idée nette des phénomènes qu'utilise la télégraphie sans fil, et des appareils qu'elle nécessite. Ces phénomènes offrent de grandes similitudes avec les propriétés de la lumière, et leur exposé est rendu facile en le faisant par analogie avec ces dernières.

On sait que pour expliquer les propriétés de la lumière, il a été nécessaire d'admettre l'existence d'un milieu impondérable emplissant tout l'univers, imprégnant tous les corps, et appelé *éther* : en particulier, la transmission de la lumière d'un point à un autre se ferait au moyen de vibrations de l'éther, de la même manière que la transmission du son se fait par

les vibrations de l'air. Le physicien anglais *Maxwell* montra le premier, par une théorie célèbre, qu'il existait une relation étroite entre les phénomènes lumineux et certaines propriétés de l'électricité. Mais c'est à *Hertz* que l'on doit la démonstration pratique de cette relation.

Décharge oscillatoire.

Si l'on provoque la décharge d'un condensateur, bouteille de Leyde par exemple, en rapprochant suffisamment deux boules reliées chacune à l'une des armatures, cette décharge ne se fait pas par une étincelle unique, mais par une série d'oscillations très rapides entre les boules, l'électricité se comportant à la manière d'une balle élastique, oscillant entre deux murs parallèles sur l'un desquels on l'aurait lancée avec force. L'existence de ces oscillations est mise en évidence par la photographie. Hertz vérifia que ces oscillations communiquaient à l'éther ambiant un mouvement vibratoire, ayant toutes les propriétés de la lumière, mais que les yeux ne pouvaient percevoir. Il dut avoir recours, pour démontrer ce fait, à des instruments spéciaux dont la description entraînerait trop loin. Il montra que la réflexion, la réfraction, la polarisation, etc., existaient pour ce mouvement vibratoire comme pour la lumière. En mémoire du savant allemand on appela *ondes hertziennes* les ondes suivant lesquelles se propage cette pseudo-lumière.

Malgré les nombreuses études auxquelles se sont livrés tous les électriciens du monde, on ne connaît encore qu'un seul moyen de produire les ondes hertziennes : la décharge d'un condensateur. Aussi n'a-t-il pas été possible de leur donner un mouvement vibratoire régulier et continu comme celui de la lumière ou, dans un autre ordre d'idées, comme une note musicale entretenue. Chaque décharge du condensateur ne donne naissance qu'à un très petit nombre d'oscillations, rapidement amorties; une série de décharges successives ne produit donc qu'une série de groupes d'oscillations ayant entre eux des intervalles très considérables par rapport à la durée de ces oscillations. Néanmoins la durée de chacune de ces oscillations peut être considérée comme définie pour un condensateur donné se déchargeant à travers un circuit déterminé, de même qu'une corde de piano a toujours la même durée de vibration quand elle reste dans les mêmes conditions de tension, de longueur, etc.

Si donc les oscillations pouvaient être entretenues, au lieu de s'amortir très rapidement à chaque décharge, on aurait un mouvement vibratoire de l'éther absolument semblable à celui de l'air lorsqu'on produit un son musical continu : il se produirait une sorte de note électrique avec aussi des harmoniques. Toutefois le nombre de vibrations à la seconde serait infiniment plus grand que celui d'une note musicale, il serait de l'ordre du million. Mais l'amortissement rapide des oscillations ou vibrations, à chacune des décharges du condensateur, fait qu'une série de décharges n'engendre qu'une succession relativement très espacée de notes électriques identiques et de très courte durée.

En poursuivant l'analogie avec l'acoustique, on peut encore prévoir de nouvelles propriétés du mouvement vibratoire hertzien.

Résonance.

Lorsqu'on produit une note musicale devant un piano, celles des cordes de l'instrument qui sont à l'unisson entrent en vibration avec énergie; celles qui ont cette note comme harmonique, ou inversement, vibrent également mais avec une énergie moindre; les autres restent muettes. C'est le phénomène de la *résonance*. Si, au lieu de produire une note musicale d'intensité moyenne devant le piano, on produit un bruit très fort : aussitôt toutes les cordes de l'instrument entrent en vibration, mais certaines vibrent avec plus d'énergie que les autres. C'est là une résonance spéciale que l'on peut attribuer à ce que le bruit produit est la superposition d'un grand nombre de notes, parmi lesquelles celles des cordes de piano.

Soit maintenant un certain nombre de circuits électriques quelconques, dont les éléments sont nettement déterminés : si l'on peut les mettre en vibration hertzienne, ils donneront chacun une note électrique bien définie. En les plaçant dans le voisinage d'un condensateur dont on provoque la charge et la décharge à intervalles rapprochés, le mouvement vibratoire de l'éther produit par la décharge se transmettra de proche en proche jusqu'à eux, et on se trouve dans des conditions semblables à celles du piano. On observe en effet que chacune des décharges du condensateur se comporte comme le bruit très fort dans le cas précédent : tous les circuits électriques entrent en vibration; on explique ce fait en admettant que

la note électrique produite est composée d'un grand nombre d'harmoniques parmi lesquels se trouvent les notes de chacun des circuits, ou que la note, bien qu'unique, produit une sorte de choc électrique analogue à celui du marteau sur la corde, qui met le circuit en vibration électrique.

Mais il y a encore renforcement considérable de la résonance pour celui des circuits dont la note fondamentale est d'accord avec la note fondamentale donnée par la décharge du condensateur.

Ce phénomène est connu sous le nom de *résonance multiple*, et M. Poincaré en a donné la théorie complète.

Ces principes posés, et avant de passer à l'application pratique qui a donné la télégraphie sans fil, il reste à s'occuper des moyens de déceler l'existence d'un mouvement vibratoire hertzien. Ces moyens sont très nombreux, mais un petit nombre d'entre eux sont réellement pratiques et deux seulement ont été appliqués à la télégraphie sans fil : le *cohéreur*, ou *radioconducteur* de *Branly*, et le *détecteur à hysteresis* de *Rutherford*. Ce dernier n'est employé que depuis peu de temps et n'a pu encore faire suffisamment ses preuves pour être jugé complètement. Le premier, au contraire, est parfaitement connu et l'on sait exactement ce qu'on peut en attendre.

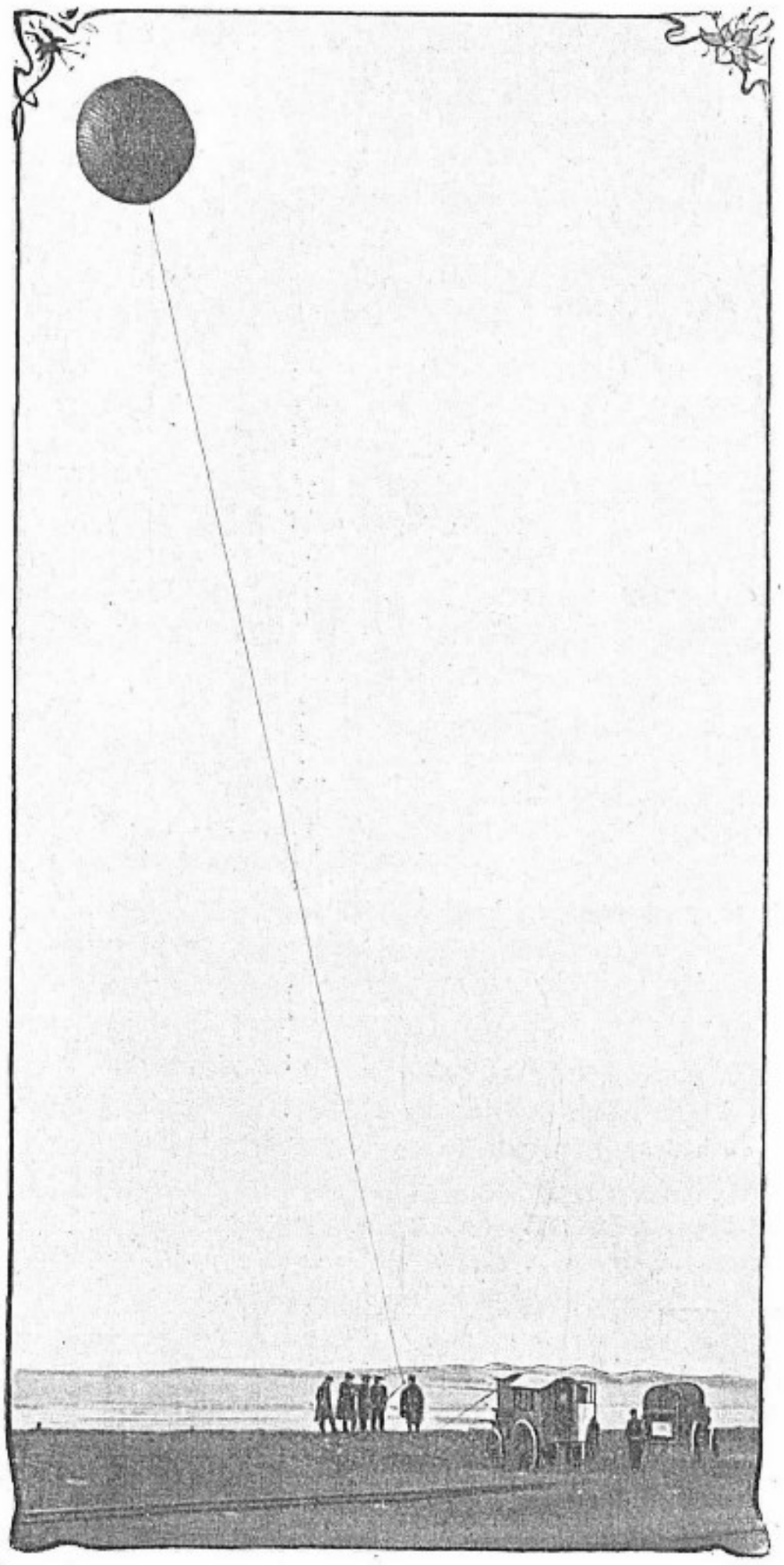


FIG. 2. — BALLON SOUTENANT UNE ANTENNE.

Cohéreur.

Un *cohéreur* est généralement construit de la manière suivante (fig. 3). Une très petite quantité (quelques milligrammes) de limaille très fine, d'un métal très peu oxydable, est enfermée dans un tube de verre bien desséché, entre 2 petits pistons métalliques également peu oxydables, d'un diamètre de 2 à 6 millimètres. Si l'on relie chacun des pistons métalliques à une des extrémités d'un circuit comprenant une pile de faible voltage et un indicateur de courant, un galvanomètre par exemple, on constate qu'à l'état normal le cohéreur ne livre pas passage au courant de la pile : le galvanomètre reste au zéro. Que l'on produise des ondes hertziennes dans le voisinage, et aussitôt l'aiguille du galvanomètre est déviée, ce qui indique que le cohéreur est devenu conducteur et a livré passage au courant de la pile. Cette conductibilité persiste quand l'on cesse de produire des ondes hertziennes, et il est nécessaire de donner un léger choc à l'instrument pour le ramener à l'état initial.

Plusieurs explications ont été données, par Branly, Lodge, etc. On peut résumer celle de Lodge de la manière suivante. Les ondes hertziennes donnent naissance à de très petites étincelles entre les grains de limaille, et ces étincelles ont pour effet d'établir une légère soudure entre les grains; les soudures suffisent pour livrer passage au cou-

rant. On conçoit alors qu'il soit nécessaire de donner un choc pour rompre ces soudures et ramener l'instrument à son état initial.

FIG. 3. — COHÉREUR BRANLY.

On a aussi construit des cohéreurs revenant automatiquement à leur conductibilité primitive après la cessation des ondes hertziennes, mais leur fonctionnement est irrégulier et ils ne sont que peu employés.

❧

Transmission et réception.

Le principe de la télégraphie sans fil est le suivant.

On produit en un point donné des séries longues ou courtes de décharges d'un condensateur : les séries longues représentant les traits de l'*alphabet Morse*, les séries courtes, les points, et les combinaisons de points et de traits constituant les lettres. Ces décharges donnent naissance à des ondes hertziennes qui se propagent dans tous les sens. On place, en un autre point, un cohéreur muni d'un dispositif permettant de lui donner les chocs nécessaires pour le ramener au repos aussitôt après qu'il aura été actionné, et d'un enregistreur du

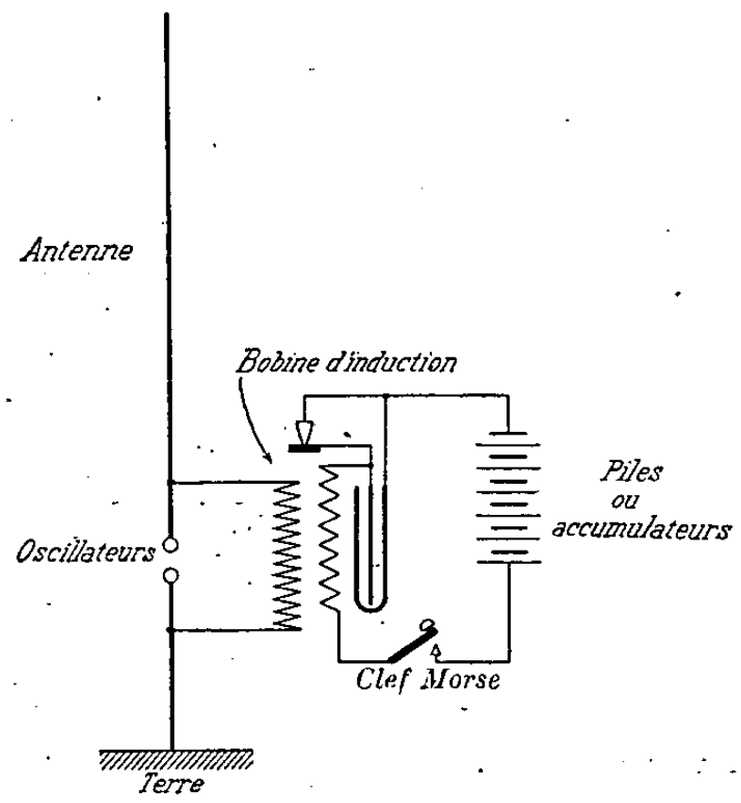


FIG. 4. — SCHÉMA D'UN POSTE (TRANSMISSION).

courant : les signaux Morse transmis par l'intermédiaire des ondes hertziennes pourraient donc être enregistrés avec leur durée.

L'idée de ce mode de communication a été émise, dès 1894, par plusieurs physiciens, entre autres par M. Lodge et M. Popoff, mais la première transmission réelle d'un *télégramme hertzien* a été faite en 1895 par M. Marconi, alors élève à l'Université de Bologne. Il faisait usage des dispositifs ci-après, qui sont encore employés, sauf quelques modifications, par nombre d'expérimentateurs.

Le condensateur, dont la décharge doit pro-

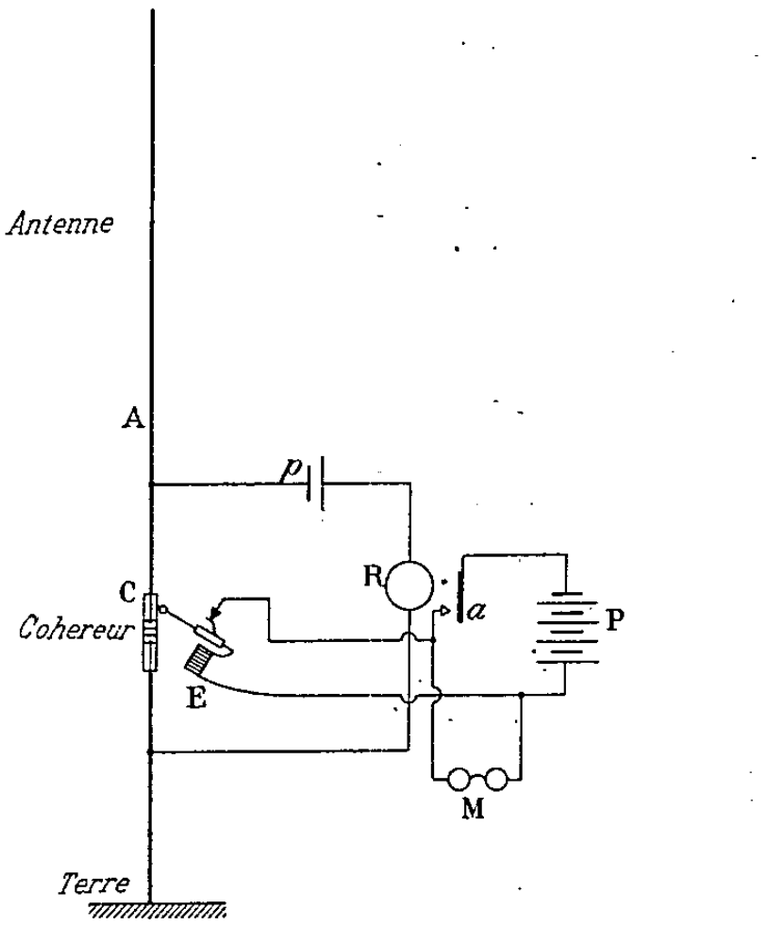


FIG. 5. — SCHÉMA D'UN POSTE (RÉCEPTION).

duire le mouvement vibratoire hertzien, est constitué de la manière suivante. L'une des armatures est formée par un fil (ou un faisceau de fils plus ou moins écartés) soutenu dans une position à peu près verticale et ayant un isolement électrique parfait; ce fil a reçu le nom d'*antenne*. Il peut être soutenu soit par un mât (fig. 1), soit par une tour, soit par un ballon (fig. 2) ou un cerf-volant. La seconde armature est formée par le sol. Ce condensateur est périodiquement chargé par une bobine Ruhmkorff et sa décharge se fait entre 2 petites sphères métalliques, dont l'ensemble se nomme *oscillateur*, reliées (fig. 4) l'une à l'antenne et à une des extrémités du secondaire de la bobine, l'autre à la terre et à la seconde extrémité de ce secondaire. Dans le circuit primaire de la bobine sont intercalés : la source d'énergie (piles ou accumulateurs) et une clef Morse. En appuyant sur la clef Morse pendant un temps court, on ferme le circuit primaire de la bobine et l'on provoque par suite le fonctionnement de l'interrupteur également pendant un temps court : les courants induits que l'on engendre ainsi dans le circuit secondaire de la bobine chargeront à chacune des interruptions le condensateur constitué par l'antenne et la

terre; celui-ci se déchargera chaque fois par l'oscillateur et l'on aura, dans ce cas, une série courte de décharges. Si l'on appuie, au contraire, pendant un temps long sur la clef Morse, on aura une série longue de décharges.

Pendant chacune de ces décharges, l'antenne est le siège d'un intense mouvement vibratoire hertzien qui se communique à l'éther ambiant et se propage par ondes dans toutes les directions.

On admet généralement, — l'expérience et le calcul ayant démontré que le fait était à peu près vrai, — que l'antenne vibrait *en quart d'onde* pendant la transmission, c'est-à-dire que le mouvement hertzien engendré par la décharge avait une longueur d'onde égale à 4 fois la longueur de l'antenne. Celle-ci, qui peut être considérée comme continue depuis son sommet jusqu'au sol pendant la production de l'étincelle, vibrerait donc au point de vue électrique comme une lame élastique, encastrée à une de ses extrémités, vibrerait au point de vue acoustique. Mais il n'en est pas tout à fait ainsi; en réalité, la note électrique produite n'est pas pure, sa période est constamment variable, avec cependant un maximum d'énergie pour une certaine période.

Pour recevoir les signaux, on se sert encore du même conducteur vertical de l'antenne A dont l'extrémité inférieure est reliée à un des pistons d'un cohéreur C, l'autre piston étant relié à la terre. En dérivation sur le cohéreur C est monté un circuit comprenant un élément de pile *p* et un relais R. Le contact *a* de ce relais commande un autre circuit comprenant une pile P et un *tapeur* E, qui n'est autre chose qu'une sonnerie électrique sans timbre dont le marteau peut frapper sur le cohéreur. De plus, un récepteur Morse M est placé en dérivation sur le tapeur (fig. 5).

Lorsque l'antenne, ainsi *connectée*, entre en vibration sous l'influence des ondes hertziennes

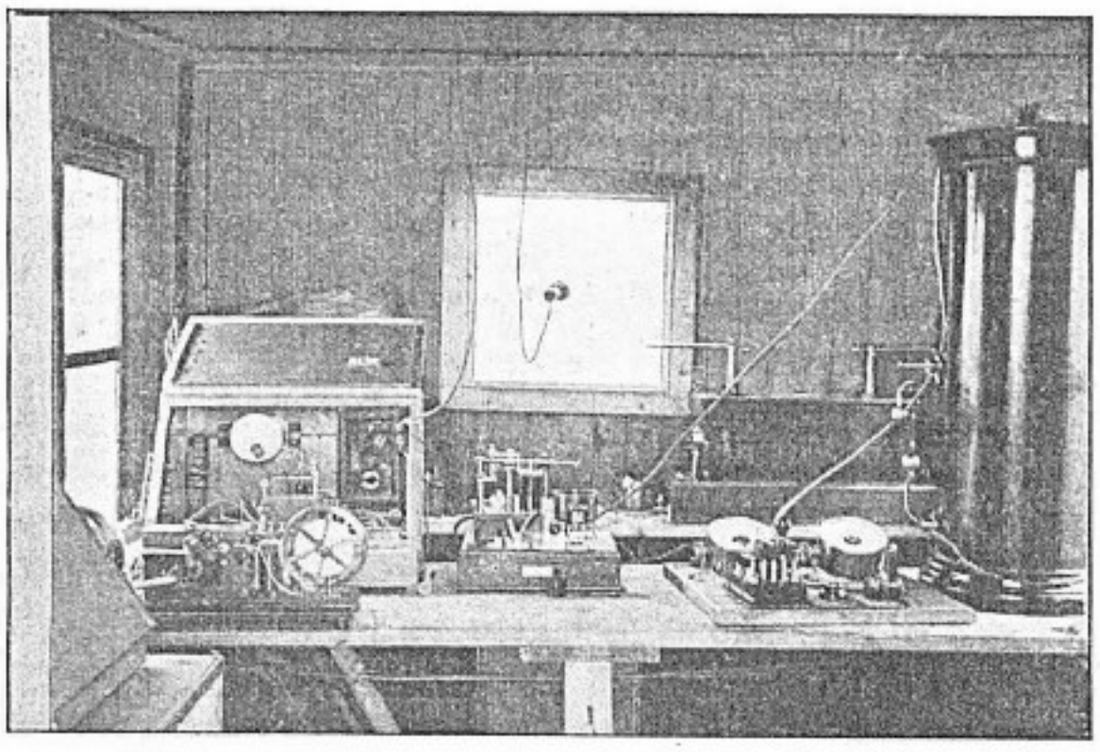


FIG. 6. — INTÉRIEUR D'UN POSTE DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL RÉCEPTEUR ET TRANSMETTEUR.

venues du poste correspondant, les oscillations qui prennent naissance agissent sur le cohéreur et le rendent conducteur. Le courant de l'élément de pile *p* peut alors passer et agir sur le relais. Celui-ci ferme alors le contact *a*, et le courant de la pile P peut traverser le tapeur et le Morse. La palette du tapeur est attirée, le marteau frappe un coup sur le cohéreur et le ramène à l'état initial, en même temps le Morse marque un point. Si la série d'ondes transmises est longue, le cohéreur est actionné de nouveau aussitôt après le choc du marteau, et tous les appareils fonctionnent encore. Le Morse marquera donc une série de points, que l'on transformera en un trait en augmentant l'inertie de la palette de manière qu'elle ne puisse se relever dans les intervalles des points successifs. Les signaux transmis sont donc reproduits avec leur durée sur la bande du Morse.

En réalité, le poste récepteur comprend encore un certain nombre d'organes accessoires secondaires qui ne sont pas indiqués ci-dessus.

Le mouvement vibratoire, communiqué à l'antenne pendant la réception, ne dépend, par suite du phénomène de résonance multiple, que des éléments propres de cette antenne. Celle-ci peut être considérée comme isolée à ses deux extrémités, puisque le cohéreur présente (au repos) une résistance pratiquement infinie et que le circuit du relais ne peut prendre part au mouvement vibratoire par suite de son impédance; elle entrera donc en vibration électrique de la même manière qu'une tige élastique entre en vibration acoustique lorsqu'elle n'est pas encastrée et simplement soutenue, c'est-à-dire que sa longueur représentera une demi-longueur d'onde. Si les 2 antennes correspondantes ont la même longueur, on voit donc que celle de réception vibrera à l'octave de celle de transmission.

(*A suivre*).

G. FERRIÉ.

Revue critique des Travaux scientifiques.

LE MOUVEMENT SCIENTIFIQUE A L'ETRANGER

Nous avons rappelé dans notre dernier article les diverses manières de produire l'ionisation et par suite la conductivité électrique des gaz. Il est une dernière manière qui se relie intimement à l'existence des corps radioactifs, au sujet desquels maints résultats nouveaux ont été obtenus dans ces derniers mois.

On n'a pas oublié les admirables découvertes faites en France de la radioactivité de l'*uranium* par M. BECQUEREL et de celle du *baryum* et du *thorium* par M. ET Mme CURIE. Ces derniers savants ont isolé du baryum un composé extrêmement radioactif, le *radium*.

Laissant de côté les autres nouveaux éléments radioactifs, nous nous en tiendrons à ces trois : uranium, thorium, radium. Ils ont été l'objet de recherches patientes et fécondes de M. RUTHERFORD au Canada, et c'est de ces recherches que nous voudrions nous occuper ici un instant, en insistant plus particulièrement sur leur intérêt général.

Étude de la radioactivité.

On sait qu'un corps est dit *radioactif* quand il émet autour de lui, *d'une façon continue*, un rayonnement tout à fait analogue dans ses effets aux rayons X, c'est-à-dire qui possède la propriété d'*impressionner une plaque sensible* d'une part, et celle de *rendre les gaz conducteurs* de l'autre.

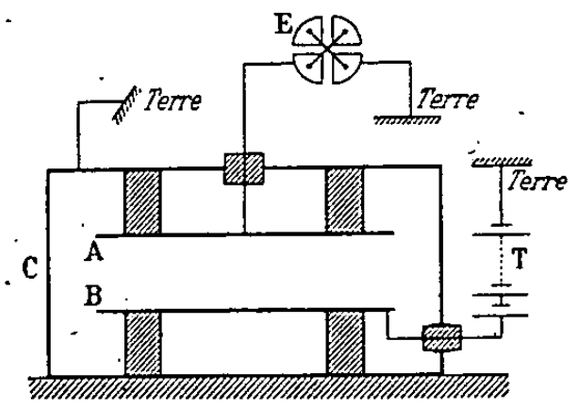


FIG. 1. — DISPOSITIF DE RUTHERFORD POUR L'ÉTUDE DE LA RADIOACTIVITÉ.

De là deux méthodes pour étudier le rayonnement des corps radioactifs. M. Rutherford a employé la *méthode électrique*, plus sensible et plus accessible aux mesures quantitatives. Voici la manière schématique dont elle est mise en œuvre. Une caisse métallique C (fig. 1) contient deux plateaux isolés A et B reliés, l'un B à l'un des pôles d'une batterie T dont l'autre pôle est à la terre, l'autre A à l'une des paires de quadrants d'un électromètre : la caisse C est au sol et sert d'cran électréostatique. Les parties ombrées sur la figure sont des *isolants*.

Supposons que sur le plateau B on dépose une mince nappe de substance radioactive. L'air entre les plateaux va être rendu conducteur : un courant va passer de la batterie T à l'électromètre, et l'aiguille de celui-ci va commencer à dévier. Plus le gaz aura été rendu conducteur, plus l'aiguille déviera vite. On prendra alors pour mesure de la radioactivité de l'échantillon étudié le nombre de divisions de l'échelle qu'a parcourues l'aiguille de l'électromètre dans son mouvement en une seconde. Pour avoir toujours un point de comparaison précis, nous conserverons un échantillon d'uranium, par exemple, auquel nous comparerons les autres échantillons radioactifs que nous étudierons.

Rayons de l'uranium.

Prenons d'abord l'*uranium*. M. Rutherford a montré que le rayonnement issu de l'uranium est complexe et se compose au moins de deux sortes de rayons; *les rayons* α, qui possèdent des propriétés électriques énergiques, c'est-à-dire rendant les gaz fortement conducteurs : ils sont en outre très facilement absorbables et non déviables dans un champ magnétique; *les rayons* β, au contraire, sont très pénétrants, possèdent des propriétés électriques peu intenses, mais impressionnent fortement les plaques photographiques et sont déviables par le champ magnétique. La question se posait de savoir si les deux groupes de rayons étaient produits d'une façon indépendante, ou si les uns résultaient des autres, comme les rayons X résultent, par exemple, des rayons cathodiques.

Uranium X.

SIR W. CROOKES et M. BECQUEREL sont arrivés, par des méthodes chimiques, à séparer de l'uranium un produit extrêmement actif qu'ils ont appelé uranium X. M. Rutherford montre que l'uranium X impressionne vivement la plaque photographique et que le rayonnement est tout entier déviable par l'aimant : au contraire, l'uranium privé d'uranium X donne des rayons non déviables, et dont les effets électriques sont considérables. Il semble donc bien établi qu'aux deux substances composant l'uranium radioactif ordinaire correspondent les deux groupes de rayons homogènes dont l'ensemble reproduit le rayonnement de l'uranium ordinaire.

Cause et nature de la radioactivité.

Quelle est maintenant la *cause* et la *nature* de la radioactivité. Deux faits ont frappé dès le début tous ceux qui se sont occupés de la question. C'est d'abord que la radioactivité est une *propriété ato-*

mique, c'est-à-dire se manifestant, par exemple, aussi bien dans le sulfate que dans l'oxyde d'uranium, quoique avec des intensités différentes. En second lieu, c'est la *constance du rayonnement*.

Quelle peut être la source d'où le corps radioactif tire l'énergie de son rayonnement? Il est vrai que, si l'on admet les théories de l'ionisation, on sait que le rapport de la charge électrique à la masse de l'ion est considérable, et qu'il en résulte que des phénomènes aisément perceptibles en quelques minutes par la mesure de la *charge électrique* trans-

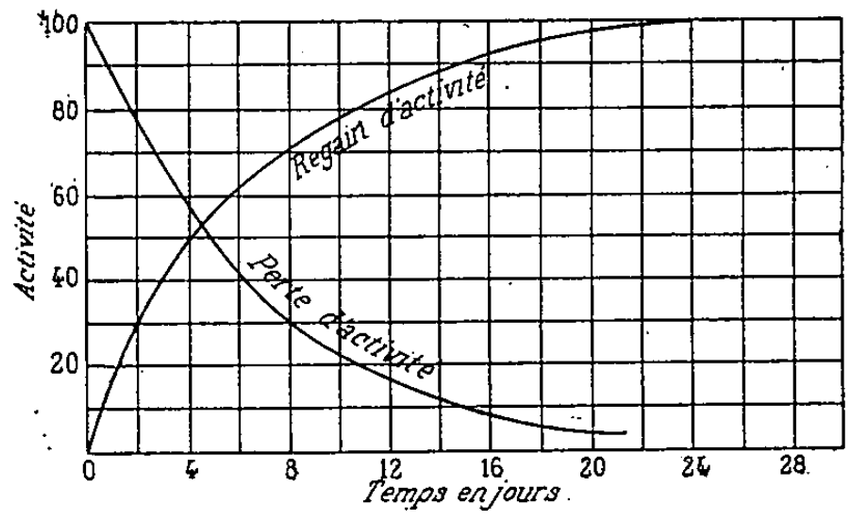


FIG. 2. — COURBES REPRÉSENTANT LES VARIATIONS D'ACTIVITÉ DU THORIUM.

portée demanderaient une durée de plusieurs milliers d'années pour être déterminés avec la balance par l'évaluation de la *masse* transportée. Il s'ensuit néanmoins que c'est dans des *modifications chimiques de l'atome* qu'on voit le mieux une explication de la matière et de l'énergie mise en jeu par le rayonnement radioactif. C'est cette idée qui sert de base aux études de M. Rutherford.

Ce savant a montré que le cas de l'uranium n'était pas isolé. Le thorium et le radium donnent aussi deux groupes de rayons α et β, jouissant de propriétés analogues à celles des mêmes rayons pour l'uranium. Du thorium on peut séparer par une méthode chimique un composé, le thorium X, extrêmement radioactif; le thorium privé du thorium X ne donne plus que des rayons non déviables.

Mais là où réside l'intérêt principal de l'étude de M. Rutherford, c'est dans ce fait que le thorium X, comme l'uranium X, *perd son activité avec le temps*. Le thorium X, par exemple, devient moitié moins radioactif au bout de quelques jours; son activité décroît suivant la courbe représentée ci-contre (fig. 2).

Et si, d'autre part, on étudie le thorium qui a été privé du thorium X, on voit que son activité augmente, et la courbe représentant cette augmentation *a la même forme* que la précédente et est tracée sur la même figure. Il y a, on le voit, un moment où la *perte d'activité du thorium X est égale au gain d'activité du thorium déactivé*.

Nous en arrivons donc à nous représenter la radioactivité comme un phénomène d'équilibre entre un processus de production et un processus de décomposition. Le nouveau phénomène est ainsi en conformité avec cette grande loi de la nature qui fait de la matière organique et inorganique un champ de bataille où des forces toujours actives et toujours opposées maintiennent l'équilibre, c'est-à-dire l'énergie et la vie.

Les mêmes résultats s'appliquent à l'uranium et à l'uranium X. Ils y sont même plus facile à étudier, car dans le thorium un nouveau phénomène apparaît, dont l'intérêt est aussi assez grand pour que nous en disions quelques mots.

Émanation du thorium.

Quand on recueille le gaz qui entoure un composé radioactif du thorium, on constate que *ce gaz a acquis les propriétés radioactives*. Il semble que le thorium ait émis quelque chose, et c'est pour cette raison que M. Rutherford, qui l'a découvert, a donné le nom d'*émanation* à ce phénomène.

L'appareil qui nous servira à son étude est bien simple (fig. 3). La bouteille A, traversée par un courant d'air, contient de l'acide sulfurique concentré. L'air sec passe ainsi sur le corps radioactif en poudre contenu dans le tube C. La conductibilité de l'air est mesurée, comme cela a déjà été expliqué, entre la caisse isolée M et l'un des plateaux isolés E, F ou H.

On constate ainsi que le pouvoir radioactif de l'émanation n'est pas le même quand on se sert des trois plateaux; ce qui provient de ce que l'émanation *perd très rapidement sa radioactivité*, qui tombe à la moitié de sa valeur au bout d'environ une minute.

En étudiant les autres caractères de cette émanation, on constate qu'elle est inaltérée par tous les agents chimiques ainsi que par la chaleur et par le froid. Si l'on admet avec M. Rutherford le caractère matériel de l'émanation, on en vient à cette conclusion qu'elle doit consister *en un gaz de la famille de l'argon*, qui, comme on le sait, résiste à tous les agents chimiques. M. Rutherford a montré cependant qu'à la température de l'air liquide, l'émanation disparaît et se reproduit dès qu'on élève la température, ce qui vient à l'appui de l'hypothèse précédente, l'argon se liquéfiant à cette température.

Le *pouvoir émanant* (c'est-à-dire l'intensité de l'émanation en une seconde) varie avec la température; mais, de 110° à 500°, ne subit pas d'altération

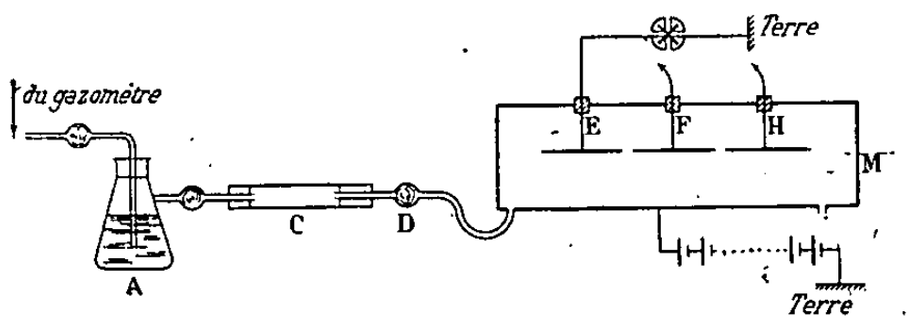


FIG. 3.— RADIOACTIVITÉ D'UN GAZ ENTOURANT DU THORIUM.

permanente. Au-dessus du rouge, le *pouvoir émanant disparaît* : mais il se régénère lentement si on laisse le corps inaltéré, et immédiatement si le corps est redissous et précipité de nouveau. Il n'y a donc pas eu *destruction* du pouvoir émanant, mais seulement *inactivité temporaire*.

Enfin M. Rutherford montre que le *thorium X seul* produit l'émanation, et qu'elle résulte chez lui d'un processus d'équilibre absolument analogue à celui

qui donnait naissance au thorium X à partir du thorium ordinaire. L'émanation serait donc un produit de dissociation atomique du thorium X, comme le thorium X était un produit de dissociation atomique du thorium.

Les mêmes phénomènes d'émanation se produisent avec le radium, mais un radium X n'a pu être isolé. Ici l'émanation diminue très lentement d'activité, ce qui a permis à M. Rutherford d'interpréter les variations du pouvoir émanant et sa régénération brusque par redissolution d'un corps déémané par la chaleur en supposant qu'il y a *occlusion* de l'émanation dans le solide. En effet, en plaçant le corps dissous dans la bouteille A dessinée plus haut, on constate qu'au moment de la dissolution il y a une quantité considérable d'émanation. Si on chasse alors l'air, et qu'on laisse une ou deux heures l'émanation se régénérer, sa valeur est très faible.

Remarquons à ce sujet que l'*hélium*, gaz de la famille de l'argon, se trouve presque toujours *occlus* dans les minerais *radioactifs*.

Comme on le voit, M. Rutherford formule nettement l'opinion *que la radioactivité comme l'émanation est due à une matière provenant selon toute probabilité de réactions intraatomiques.*

Les rayons cathodiques, dont la masse atomique, nous l'avons vu, est le millième de celle de l'hydrogène, sont un exemple que ces réactions existent.

Un avenir prochain nous apprendra quelles parentés plus intimes existent entre tous ces rayons, rayons cathodiques, rayons X, rayons secondaires et rayonnement des corps radioactifs, qui ont de si nombreux points communs.

CH. LEENHARDT.

PHOTOGRAPHIE

Un nouveau révélateur : la métoquinone, combinaison de métol et d'hydroquinone.

Le révélateur le plus usité actuellement est certainement celui à base de *métol* et d'*hydroquinone*, qui se prête à tous les usages, est d'une préparation facile, d'un emploi commode et se conserve aisément. MM. A. et L. Lumière et A. Seyewetz ont supposé que les propriétés de ce révélateur que ne possèdent ni le métol, ni l'hydroquinone employés isolément, pouvaient être attribuées à la formation d'une véritable combinaison entre ces deux substances, dont l'une, l'hydroquinone, a un caractère exclusivement acide, tandis que l'autre possède une fonction nettement basique [1].

Cette hypothèse a été confirmée par l'expérience, ces auteurs ayant pu isoler une combinaison définie de ces deux corps.

Dans ce but, on mélange des solutions aqueuses saturées de métol et d'hydroquinone, dans la proportion de deux molécules de métol pour une molécule d'hydroquinone, puis on sature par du sulfite de soude anhydre. On obtient, après quelques instants, un abondant précipité se présentant sous forme de paillettes brillantes blanches, fondant sans décomposition vers 135°. Ce point de fusion est notablement différent de celui de l'hydroquinone qui est de 169° et de celui du métol, base, qui fond à 87°. Cette combinaison, à laquelle MM. Lumière et Seyewetz ont donné le nom de *métoquinone*, est soluble dans l'eau froide qui en dissout un gramme pour 100 à 15°, plus soluble à chaud (10 p. 100 à 100°), et cristallise facilement par refroidissement de la solution saturée à chaud. Elle est très soluble dans l'alcool (20 p. 100 à 15°), peu soluble à froid dans la benzine, l'éther, le chloroforme.

L'acétone est le meilleur dissolvant de la métoquinone : 100 centimètres cubes d'acétone en dissolvent environ 35 grammes à la température ordinaire; cette propriété a été utilisée par MM. Lumière et Seyewetz pour la préparation de révélateurs liquides très concentrés.

Quand on chauffe la métoquinone en présence d'acides étendus, la combinaison se dédouble, ce qui permet de déterminer la composition de cette substance qui renferme deux molécules de métol pour une molécule d'hydroquinone; cette composition est confirmée par le rendement qu'on obtient en produit pur dans la préparation.

Les propriétés révélatrices de la métoquinone sont différentes de celles du métol, de celles de l'hydroquinone et de celles du mélange de ces deux corps.

La métoquinone *développe avec la seule adjonction de sulfite alcalin*, comme le chlorhydrate de diamidophénol. Son action révélatrice est plus lente que celle du diamidophénol (environ 2 fois moins rapide); mais elle donne des images d'une intensité et d'une transparence dans les noirs tout à fait comparables à celles obtenues avec ce révélateur. La solution de métoquinone et de sulfite se conserve indéfiniment en flacons bouchés; elle est incolore et, en flacons débouchés, elle ne se colore que très lentement, sans que, du reste, son activité révélatrice se modifie.

Le révélateur à la métoquinone est jusqu'ici le seul révélateur qui puisse être à volonté employé avec ou sans alcali, sans que l'addition de ce dernier corps provoque le voile de l'image. L'addition de carbonates alcalins dans les développateurs renfermant ce nouveau produit augmente très notablement l'énergie réductrice de la solution. L'image obtenue est moins transparente que celle formée avec le sulfite alcalin seul, mais elle est plus vigoureuse. On peut utiliser avantageusement le révélateur additionné de carbonate alcalin pour les clichés peu posés, et le liquide peut être utilisé jusqu'à épuisement.

On augmente encore plus l'énergie révélatrice en employant non plus les alcalis carbonatés, mais les alcalis caustiques. Avec la lithine, en particulier, on obtient une énergie révélatrice considérable qui permet de tirer un parti très avantageux des clichés sous-exposés.

Les alcalis peuvent être remplacés par leurs divers succédanés. C'est ainsi que le formosulfite [1] fonctionne avec les métoquinones comme les carbonates alcalins, tandis qu'il se comporte comme un alcali caustique avec divers autres révélateurs, l'hydroquinone par exemple.

La remarquable solubilité de la métoquinone dans l'acétone rend l'emploi de ce réactif particulièrement avantageux comme succédané des alcalis dans la préparation des développateurs à la métoquinone. Pour constituer le révélateur, on peut soit faire une solution saturée de métoquinone dans l'acétone, solution qu'on doit conserver en flacons bien bouchés, à l'abri de l'air, et ajouter une petite quantité de cette solution dans le volume correspondant de solution sulfitique, soit additionner d'acétone le révélateur ordinaire ou sulfite de soude : on ajoute l'acétone en quantité variable suivant l'énergie réductrice que l'on désire obtenir.

Enfin, le révélateur à la métoquinone est très sensible à l'action du bromure de potassium, propriété qui permet de tirer un parti très avantageux des clichés *sur-exposés*.

Le révélateur à la métoquinone donne d'excellents résultats pour le développement des papiers au gélatino-bromure d'argent.

La métoquinone est donc un révélateur nouveau qui

1. Le métol est le sulfate de paramidophénol des chimistes.

1. Voir *La Science au XX^e siècle*, n° 1.

non seulement vient augmenter la liste déjà longue des corps susceptibles de révéler l'image latente, mais encore de nombreux avantages qui n'avaient pu être réalisés jusqu'ici. Aussi son emploi ne tardera-t-il pas à devenir universel.

Tirage des phototypes faibles.

Il arrive parfois que, le développement ayant été arrêté trop tôt, on a obtenu un phototype négatif présentant tous les détails de l'original, mais très transparent, d'une intensité si faible qu'on ne peut en tirer un photogramme au châssis-presse, par contact. Le mieux, en ce cas, est la reproduction sur papier au gélatino-bromure d'argent, à la chambre noire.

M. W. Abney ayant eu dernièrement à agrandir un phototype d'une légèreté extraordinaire opéra ainsi, mais obtint un photogramme terne, manquant de brillant. Il dut recommencer et indique, dans un intéressant article publié par notre confrère anglais *Photography*, la manière d'opérer qu'il employa pour obtenir une image brillante.

Le négatif fut éclairé par la lumière du jour tamisée par un verre rouge doublé d'un verre orangé, l'écran ainsi obtenu arrêtant toute radiation bleue. M. Chapman Jones a en effet remarqué, pour les plaques orthochromatiques, que les contrastes sont plus vigoureux sous l'action de la lumière rouge que de la lumière bleue; M. Abney a constaté le même fait pour les préparations ordinaires au gélatino-bromure.

Le temps de pose fut prolongé : au lieu de 2 secondes, temps de pose nécessaire sans écran, il fallut 4 minutes pour obtenir une image développable. En prolongeant encore le temps de pose et en affaiblissant la lumière, on devait augmenter les contrastes de l'image; effectivement, en diaphragmant fortement l'objectif et en posant une heure et demie, M. Abney obtint une image brillante et très détaillée.

Sur une méthode de mise au point.

M. J. May, rédacteur en chef du *Bulletin du Photo-Club de Nice*, décrit un procédé de *mise au point* auquel il a été amené à la suite d'un accident, et qui peut être utile aux amateurs de photographie qui recherchent la précision.

Ayant obtenu un jour sur un phototype une image

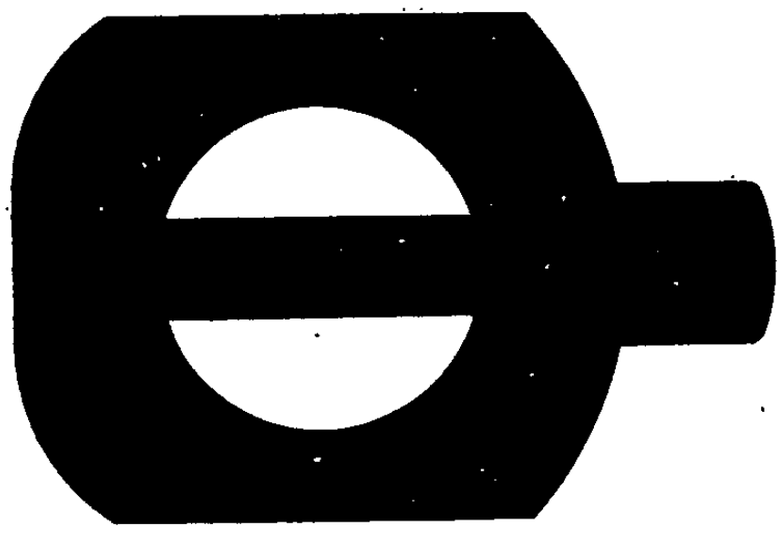


FIG. 1. — DIAPHRAGME A DEUX OUVERTURES.

double, toutes deux nettes, M. May fut conduit à rechercher si le *dédoublement* de l'image ne provenait pas d'un diaphragme à vanne insuffisamment enfoncé.

Il fit un essai avec un diaphragme enfoncé aux trois quarts, puis avec un diaphragme en carton percé de deux ouvertures (fig. 1). M. May obtint deux images nettement séparées; mais, en y regardant de très près, il remarqua bien vite que les points de l'original appartenant au même plan que la ligne sur laquelle *il avait fait la mise au point* n'étaient pas dédoublés.

Étudions, en effet, les conditions dans lesquelles se produit l'image d'un point, quand on emploie un diaphragme à deux ouvertures, comme le fait M. May.

Parmi les rayons lumineux qu'émet un point A de l'objet, ceux qui traversent l'objectif forment un cône divergent de sommet A ayant pour base le contour de la lentille antérieure. Après avoir traversé l'objectif, ces rayons forment un cône convergent ayant pour base le contour de la lentille postérieure et pour sommet le point A′ conjugué du point A par rapport à l'objectif (fig. 2).

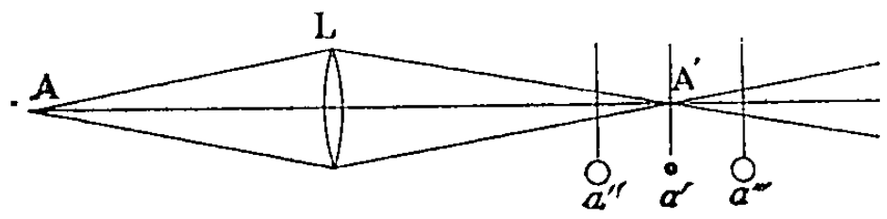


FIG. 2. — MARCHE DES RAYONS (DIAPHRAGME A DEUX OUVERTURES).

En coupant le faisceau lumineux émergent par un écran vertical, la région éclairée de cet écran, c'est-à-dire la section du faisceau par l'écran présentera diverses formes suivant la place occupée par l'écran. En A′ la section sera un point a' : c'est l'image du point A. Un peu en avant ou un peu en arrière de A′, la section a'' ou a''' obtenue est d'autant plus grande que l'écran est plus éloigné de A′ : ce sera un cercle dans le voisinage de l'axe principal, une ellipse partout ailleurs.

Les rayons lumineux qui forment le centre de l'ellipse sont restés voisins de l'axe secondaire; ils ont donc traversé l'objectif dans sa partie centrale; la partie gauche de l'ellipse provient des rayons lumineux qui ont traversé la partie droite de l'objectif et inversement.

Si donc au moyen d'un écran ou de tout autre dispositif on arrête les rayons lumineux qui rencontrent la partie centrale de l'objectif, l'ellipse image présente une bande noire verticale au milieu, et de part et d'autre deux segments d'ellipse éclairés.

Si, au contraire, l'écran se trouve dans le plan de l'image A′, conjugué de A, tous les rayons lumineux issus de A venant, après réfraction, converger en A′, il n'y aura qu'une image.

Ces considérations expliquent le contrôle de la mise au point indiqué par M. May. Si on masque, en effet, la partie centrale de l'objectif et si on observe sur le verre dépoli une ligne bien éclairée de l'objet qu'on veut mettre au point, tant que la mise au point ne sera pas parfaite, cette ligne aura *deux images* séparées par une bande noire. Au contraire, dès que le verre dépoli occupe bien le plan conjugué de l'objet en question, les deux images se superposent et la bande noire disparaît.

Ce qui fait l'importance de cette ingénieuse méthode c'est qu'elle substitue l'apparition ou la disparition d'un phénomène déterminé à l'appréciation visuelle plus ou moins sûre de la netteté d'une image, appréciation qui dépend de la fatigue plus ou moins grande de l'œil, et que rend souvent incertaine la grande profondeur de foyer de l'objectif.

La largeur de la bande obscure augmente avec l'éloignement du plan de netteté parfaite et avec la largeur de l'écran, et le procédé est d'autant plus sensible que la bande est plus large. Mais il faut aussi que les deux images partielles soient assez intenses pour pouvoir être vues; c'est pourquoi l'écran ne doit cacher environ qu'un tiers de l'objectif.

Depuis longtemps ce mode de mise au point par *unification d'une image dédoublée* est mis à profit en particulier dans le réfractomètre de Piltschikoff, mais il était curieux de montrer comment les procédés se retrouvent par des voies diverses lorsqu'ils se manifestent à des praticiens attentifs.

G.-H. NIEWENGLOWSKI.

PETITES APPLICATIONS
DES SCIENCES NATURELLES

Technique de la fécondation croisée.

Les horticulteurs et les naturalistes tirent un grand parti de la fécondation croisée chez les plantes dans la création de types nouveaux. Cette hybridation s'opère généralement à l'aide d'un pinceau fin : on prend une certaine quantité de pollen et on en badigeonne les stigmates d'une autre fleur, privée, au préalable, de ses propres étamines. Ce procédé est excellent quand on possède un grand nombre de fleurs. Mais il devient désatreux quand on n'a à sa disposition qu'une quantité restreinte d'agents floraux : le pinceau prend trop de pollen et n'en utilise qu'une très petite quantité. Un savant anglais vient d'imaginer un moyen à la fois très simple et très pratique qui obvie à cet inconvénient : il consiste simplement à frotter énergiquement un morceau de cire à cacheter de manière à lui communiquer les propriétés électriques bien connues et à l'approcher de la fleur dont on convoite le pollen. Celui-ci se précipite sur le bâton de cire et s'y colle. On peut de la sorte le transporter sur une autre fleur où les stigmates humides ont vite fait de le happer pour le plus grand bien de l'hybridation. La quantité de pollen ainsi prélevée est minime, mais suffisante; il n'y a pas de gaspillage.

Protection des pilotis contre les tarets.

Les pilotis plongés dans la mer se détériorent avec une grande rapidité sous les attaques de nombreux ennemis, les cloportes et les tarets. Les cloportes rongent leur surface pour s'en nourrir. Les tarets les creusent de part en part, en font une véritable éponge que la moindre vague arrive à briser : leur galeries plus ou moins tortueuses ont de 10 à 60 cent. et même jusqu'à 1 m. 20 de long, sur une largeur de 6 à 50 millimètres. On a imaginé un grand nombre de procédés pour se mettre à l'abri de ces terribles ennemis. D'après M. Ch.-H. Snow, qui en a donné un résumé, le revêtement des pilotis en feuilles de zinc ne dure pas; le revêtement en cuivre est excellent mais ruineux. La protection par clous à large tête, dite « clous à tarets » employés en Hollande, n'est bonne que tant que les clous ne se sont pas suffisamment rouillés pour laisser tomber leur têtes; c'est dire qu'ils ne durent pas longtemps, le fer et l'eau de mer ne faisant pas bon ménage. Quant aux enduits et aux peintures, ils tombent rapidement et se criquent, laissant ainsi à nu le bois, dont les cloportes et les tarets ne font plus dès lors qu'une bouchée.

Mais il y a des moyens plus efficaces.

En Amérique on pratique l'encollage des pilotis dans une gaine de ciment, au moyen de moules en deux parties à l'intérieur desquels on coule un ciment clair qui prend autour des pilotis; ce ciment tue les tarets existants, bouche leurs trous et se recouvre ensuite d'un enduit protecteur d'algues diverses. Le prix de revient est d'environ 20 fr. par mètre. On peut remplacer le ciment par des tuyaux de poterie remplis de sable; le prix n'est plus alors que de 10 fr. 50 par mètre, mais la protection est moins efficace.

Un moyen également à recommander consiste à imprégner le bois avec une créosote de hêtre, exempte de brai, contenant environ 4 à 5 p. 100 d'acide phénique et au moins 40 p. 100 de naphtaline.

A San Fransicsco, on a recours à la curieuse horreur que le taret manifeste pour les assemblages et les joints : le mollusque craint sans doute que le bois « joue » et ne casse son tube calcaire. On bâtit donc des pilotis mixtes, formés d'une âme carrée en bois de 120 millimètres de côté, entourée d'une marqueterie de planches se croisant à angle droit, superposées jusqu'à obtenir la largeur et la section nécessaires pour le pilotis qu'on désire avoir. Ces pilotis mixtes demeurent intacts même après dix ans d'immersion.

La destruction du Kermès-Coquille.

Les insectes connus sous le nom de *kermès*, — et qui appartiennent à plusieurs espèces — sont très singuliers. La femelle, au début de son existence, ressemble à un puceron ordinaire. Mais bientôt, enfonçant dans les tissus de la plante son long rostre pointu, elle se fixe définitivement et son corps se transforme. Elle s'élargit énormément, ses pattes disparaissent et son dos s'élargit tout en se durcissant de manière à ressembler tout à fait à une coquille ou mieux encore à la carapace d'une tortue (fig. 1). C'est à

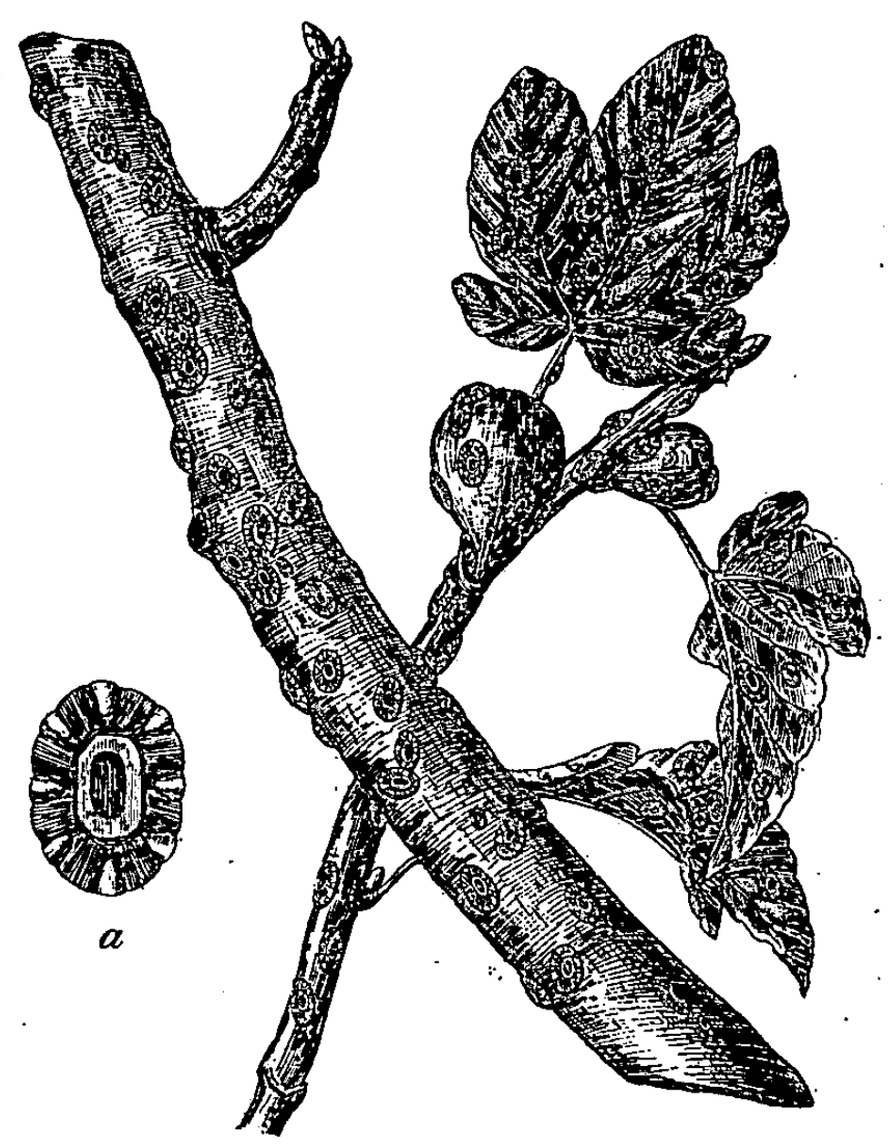


FIG. 1. — CÉROPLASTE DU FIGUIER.

l'abri de ce dôme qu'elle pond ses œufs, opération après laquelle elle ne tarde pas à mourir. Les jeunes trouvent sous sa dépouille abri et protection; ils n'en sortent que lorsqu'ils sont suffisamment forts.

Ces kermès se multiplient avec une grande rapidité; les plantes qui en sont envahies disparaissent parfois sous l'amas de leurs carapaces, ainsi qu'on peut le constater chez nous sur les orangers et les figuiers. Mais c'est surtout dans les pays chauds qu'ils sont particulièrement nuisibles. Aussi vient-on de faire dans les fermes expérimentales d'Ottawa des recherches sur l'emploi de la chaux dans leur destruction. Ce traitement a donné de bons résultats. Le lait de chaux appliqué en pulvérisation a pour effet de faire détacher les kermès; ceux-ci sont alors emportés par la pluie, le vent, etc. La meilleure époque pour le traitement est celle qui suit immédiatement la chute des feuilles en automne. On emploie généralement 10 grammes de chaux vive par litre d'eau. On peut y ajouter 22 grammes de sel marin pour ren-

dre l'écorce plus propre et plus lustrée, mais ce n'est pas nécessaire.

Destruction de la Pyrale par l'eau bouillante.

La chenille de la *Pyrale* (fig. 2) qui attaque la vigne est fort difficile à détruire : on n'y parviendra qu'au prix de beaucoup de méthode et de beaucoup de soins. C'est ainsi que, comme vient de le faire remarquer M. Battanchon, auquel nous empruntons ce qui suit, cette année une foule de traitements à l'eau bouillante n'ont pas donné tous les résultats qu'on en attendait. Certes la manière d'être de la saison d'hiver, constamment entrecoupée de bruines et de pluies, y a été pour quelque chose; mais, souvent aussi, c'est dans les échaudages négligemment opérés, à un moment inopportun, que les insuccès pourraient trouver leur explication.

Or, précisément, la première condition à observer, lorsqu'on veut ébouillanter les ceps, est de choisir autant que possible une période où les larves seront accessibles à l'action de la chaleur. Cette période sera surtout celle qui précède de peu le réveil de la végétation et où les petits vers, sollicités par le radoucissement de la température, commencent à renaître à la vie et à se dégager des enveloppes soyeuses dans lesquelles ils étaient blottis.

Si en même temps on a pu profiter d'une série de belles journées, qui auront permis aux écorces de se dessécher et de s'entr'ouvrir, on aura mis le maximum de chances de son côté. Mais il va sans dire qu'il importe de ne pas laisser passer ce moment favorable : quelques jours plus tard, les larves auront déjà peut-être gagné les jeunes bourgeons.

On veillera attentivement à ce que l'eau dont on imprégnera les supports et les souches soit *véritablement bouillante.*

On prendra garde également de ne laisser aucun tas de sarments, ni de débris végétaux d'aucune sorte, dans les vignes ou à leur voisinage, les Pyrales et beaucoup d'autres insectes malfaisants — comme les *altises* par exemple — y trouvant de sûrs abris.

Pour des raisons de même ordre, ajoutées à bien d'autres, on s'attachera à ce que, dès le printemps, les vignes soient bien nettes de mauvaises herbes, celles-ci constituant des refuges appréciés par les pyrales, qui y échappent ainsi aux traitements dont les vignes elles-mêmes sont l'objet.

Autre observation : tous les praticiens ont remarqué que, loin des invasions de pyrale, les larves de celles-ci sont particulièrement nombreuses sur les feuilles des gourmands émis par de vieux bois. De tout temps, les vignerons soigneux ont supprimé ces pousses inutiles par l'émondage; dans les circonstances présentes, ils doivent s'y appliquer encore plus diligemment. Par là, ils

FIG. 2. — PYRALE DE LA VIGNE.

supprimeront facilement un grand nombre de leurs ennemis, à une condition toutefois : ce sera en ayant soin d'opérer de telle sorte que les petites chenilles, très vives au printemps et se laissant facilement tomber soient recueillies et détruites rapidement.

Enfin, pendant le cours de la végétation, on ne néglige aucun des modes de défense pouvant concourir utilement au but poursuivi. La chaux directe aux jeunes chenilles au début de la saison, plus tard, la cueillette des pontes, puis la capture des papillons à l'aide de pièges lumineux, peut-être aussi la destruction des larves au moyen de la vapeur en vase clos, dont on nous a fait entrevoir la possibilité, seront autant de moyens auxquels on devra avoir recours selon les circonstances.

FIG. 3. — DESTRUCTION DE LA PYRALE DE LA VIGNE.

On peut détruire beaucoup de papillons en disposant entre les ceps de petits « capucins » de paille où ils viennent se réfugier la nuit. De bon matin, alors qu'ils sont encore engourdis, on secoue ces sortes de pièges au-dessus d'un seau contenant un peu de pétrole.

H. COUPIN.

Bulletin Météorologique.

Avril 1903.

Au mois de mars qui avait été beau et chaud a succédé un mois d'avril très pluvieux et anormalement froid; le mauvais temps a été presque continuel du commencement à la fin du mois, non seulement en France, mais encore sur tout l'ouest de l'Europe, depuis la mer du Nord et la Baltique jusqu'à la Méditerranée.

Du 1er au 7, le baromètre s'est tenu au-dessus de 765 mm. dans le sud-ouest du continent, tandis que des dépressions passaient sur le nord-ouest et que d'autres, secondaires, se formaient sur la Méditerranée. La conséquence de cette distribution des pressions a été un régime général de vents d'Ouest à Nord avec temps frais et averses intermittentes.

A partir du 8, les fortes pressions se sont étendues sur

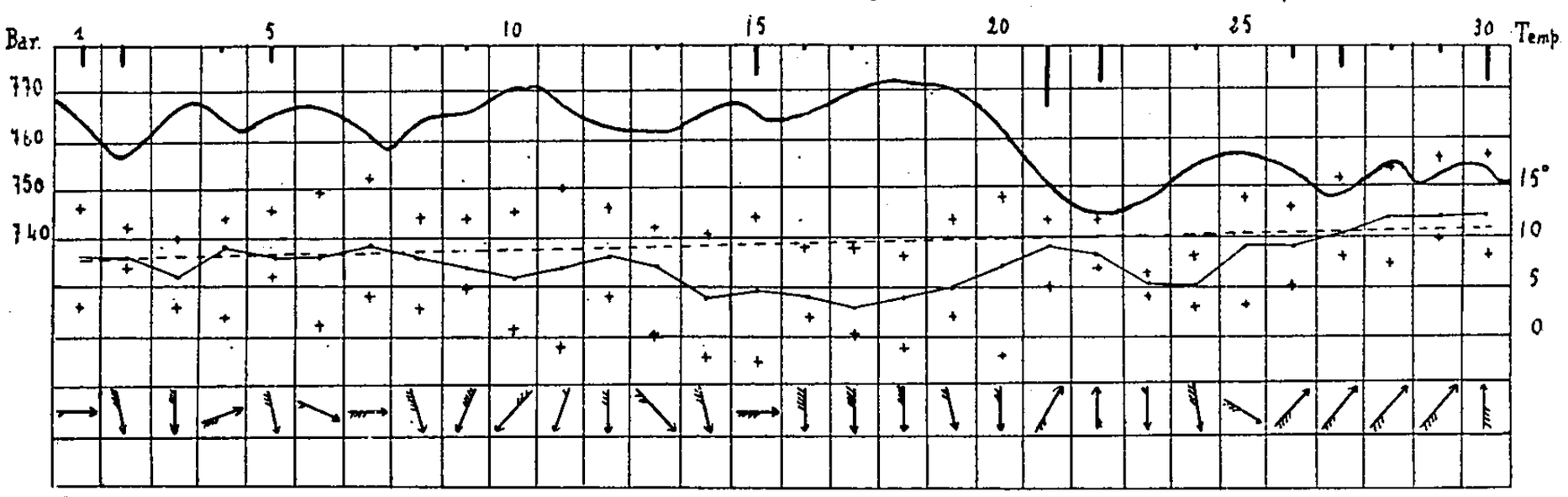


DIAGRAMME DES OBSERVATIONS DU PARC SAINT-MAUR. — AVRIL 1903.
(D'après le bulletin international du bureau central météorologique).

La courbe en trait gras représente la marche du baromètre, ramené au niveau de la mer. Les croix indiquent les températures maxima et minima, les points reliés par des traits fins, les températures moyennes de chaque jour. La courbe pointillée donne la température normale de chaque jour du mois. La direction du vent est figurée par les flèches, la force par le nombre de pennes de 0 (calme) à 9 (tempête). Les traits gras verticaux partant du haut donnent la hauteur de pluies (1 mm. pour 1 m. d'eau.)

les Iles Britanniques et le maximum barométrique s'est tenu jusqu'au 20 à l'ouest ou au nord-ouest de la France, et non plus au sud-ouest comme dans la période précédente. Aussi, les vents du Nord sont-ils devenus prépondérants, amenant sur nos régions un abaissement considérable de la température, des averses de pluie, de grêle et même de neige un peu partout.

Cette situation a présenté son maximum d'intensité du 16 au 19, pendant qu'une dépression assez profonde (748 mm. le 17 à Livourne, 739 mm. le 19 à Varsovie), traversait le nord de l'Italie et l'Europe centrale. Un fort gradient barométrique a été accompagné de coups de vent sur nos côtes; en Provence, notamment, le mistral a soufflé avec violence.

De fortes gelées se sont produites dans toute la France, causant les plus graves dommages aux cultures, aux vignobles principalement. Le thermomètre, placé sous un abri, est descendu à — 5° à Clermont, — 4° à Belfort, — 3° à Limoges, — 2° au Mans et à Châteaudun, 0° à Perpignan; à Corcelles, dans la Nièvre, on a noté pendant le mois, quatorze jours de gelée. Enfin, dans la région parisienne, les minima ont été de — 5°,4 à Villepreux, — 5°,2 au Val-Joyeux, — 5°,0 à Vaucluse et à Athis-Mons, — 2°,5 au Parc Saint-Maur, 2°,0 au Parc Montsouris.

De tous les points du pays on a signalé des chutes de neige abondantes; au ballon d'Alsace la nouvelle couche a atteint un mètre d'épaisseur; au mont Mounier, 60 cm.

A Paris, la neige est tombée à plusieurs reprises, entre autres le 16 avril avant midi, en gros flocons. C'est un fait exceptionnel en avril; sans doute, il n'est pas rare pendant ce mois qui, autant que le précédent, est le mois de giboulées, de voir tomber de la pluie mêlée de neige, du grésil ou de la grêle plus ou moins compacte. Mais, ce qui l'est beaucoup plus, c'est que la neige tombe seule à gros flocons, comme en plein hiver. C'est ce qui est arrivé le 16 avril, pendant quelques minutes seulement. D'ailleurs, ce fait, pour exceptionnel qu'il soit, n'est pas sans précédent, comme le montreront les lignes suivantes extraites du journal des observations météorologiques de M. Renou, au Parc Saint-Maur : « Le 13 avril 1876, neige abondante de 7 h. à 9 h. du soir; elle est amenée par un vent de ouest-nord-ouest fort au commencement et finit par un temps calme. Il y a *neuf* centimètres de neige sur la terre et les toits; les arbres, dont beaucoup sont en fleurs plient sous le poids, les lilas, les cassis sont couchés par terre. Le 14, dans la matinée, la neige couvre la campagne comme en plein hiver; elle ne disparaît que de 10 h. à midi ».

A partir du 21 la situation a commencé à se modifier, mais le changement n'est devenu complet que le 26, des basses pressions ayant remplacé, à l'ouest de nos côtes, les fortes pressions qui s'y trouvaient depuis le commencement du mois. Les pluies n'ont pas cessé d'être fréquentes, mais du moins, avec le régime du vent du Sud, qui a accompagné cette nouvelle distribution de pression, la température s'est-elle relevée et rapprochée de la normale.

A Paris, on a recueilli, pendant tout le mois, 29 mm, 3 de pluie, quantité inférieure de 13 mm, 1 à la normale. On a ici un nouvel exemple de ce que nous avons déjà dit dans la *Revue Météorologique* du mois de janvier, que pour caractériser la « pluviosité » d'un mois, il ne fallait pas seulement tenir compte de la hauteur d'eau recueillie. Le mois dernier, il a plu 18 jours et, en outre, il est tombé des gouttes ou des flocons de neige cinq autres fois, en tout 23 jours qui ont été marqués par des précipitations. Si la hauteur d'eau totale est relativement faible, c'est que les averses ont été peu importantes.

La température moyenne des vingt-quatre heures au Parc Saint-Maur, 7°,2, a été inférieure de 2°,5 à la normale; c'est un des mois d'avril les plus froids que l'on connaisse : ceux de 1860 et de 1888 seulement ont présenté un déficit aussi grand. Fait remarquable, la moyenne thermique d'avril a été inférieure à celle de mars (7°,9). Ce cas s'est déjà présenté en 1880 où l'écart entre les deux mois était de 0°,2, et en 1838.

CH. GOUTEREAU

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

PHOTOGRAPHIE

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS.

Au fond de la chambre noire du photographe on aperçoit, sur la glace dépolie, l'image fidèlement colorée des objets extérieurs. Lorsque l'on substitue à la glace dépolie une plaque sensible que l'on développe ensuite, on obtient un cliché noir et blanc : le dessin, le modelé des objets photographiés subsistent. La couleur a disparu. La lumière a simplement impressionné la couche sensible de manière à noircir inégalement le bromure d'argent contenu dans la couche sensible ; mais la diversité des couleurs est évanouie.

Dès les débuts de la photographie plusieurs chercheurs ont essayé de fixer la couleur. Un seul a obtenu un résultat. Edmond Becquerel observa qu'en employant comme couche sensible une couche d'argent recouverte de sous-chlorure d'argent violet, la couleur de l'image, après une longue pose, s'imprimait sur la couche. Malheureusement, ce résultat demeura incomplet : l'épreuve colorée, ainsi obtenue, passait à la lumière : elle blanchissait sous l'action de la lumière blanche ; on ne pouvait la conserver qu'à l'obscurité. Tous les efforts d'E. Becquerel, de Poitevin et d'autres expérimentateurs pour fixer l'image colorée, c'est-à-dire pour la rendre désormais insensible à la lumière, demeurèrent infructueux.

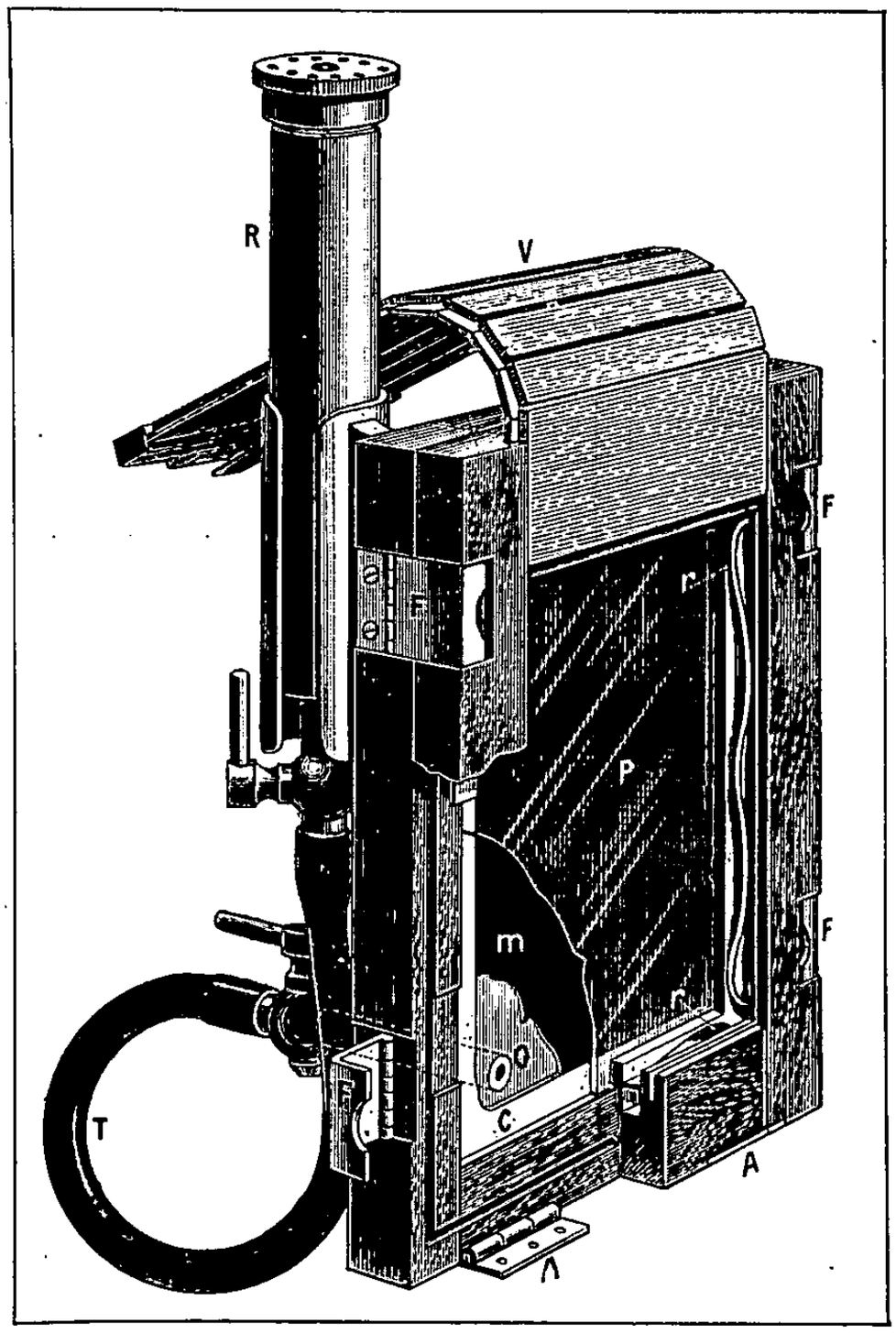


FIG. 1. — CHASSIS LIPPMANN POUR LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS.

Il était inutile de persévérer dans une voie où l'ingéniosité d'Edmond Becquerel n'avait pas abouti. MM. Charles Cros et Ducos du Hauron, chacun de leur côté, cherchèrent et trouvèrent autre chose. Ils créèrent le *procédé trichrome*, aujourd'hui très en usage. Ce procédé est assez connu pour qu'il soit inutile de le décrire en détail. Rappelons sommairement en quoi il consiste. On superpose trois images, colorées séparément en rouge, en jaune et en bleu. Ces couleurs sont obtenues soit par teinture dans des bains d'aniline, soit par l'apport d'encres d'imprimerie convenablement choisies. Le dessin de chaque image monochrome est obtenu par la photographie, sous forme d'un cliché incolore : la couleur, on le voit, est apportée *après coup* par la main de l'opérateur. Le procédé trichrome est donc une méthode *indirecte*.

Il est précieux, parce qu'il se prête à la multiplication indéfinie des épreuves, par voie de tirage mécanique, et à l'aide de presses qui servent à imprimer des « chromos ».

Il n'en restait pas moins à trouver une méthode *directe*, c'est-à-dire fournissant une épreuve inaltérable où les couleurs sont produites par la seule action de la lumière. Telle est celle que j'ai publiée en 1891.

De même que l'on enregistre par le phonographe les vibrations sonores, pour les reproduire après coup, de même on enregistre, par un dispositif approprié, les vibrations lumineuses, avec les formes spéciales qui correspondent aux différentes couleurs. La photographie sert précisément à cet enregistrement; le résultat est un cliché qui, sans autre opération, montre, dès qu'il est sec, l'image avec toutes ses couleurs.

Il faut pour opérer : 1°, une chambre noire ordinaire; 2°, une plaque sensible dont la couche sensible soit *transparente*; 3°, un *châssis à mercure*, qui est disposé de telle façon que, pendant la pose, la couche sensible soit en contact avec une couche de mercure formant miroir. Après la pose, on retire la plaque de son châssis, où le mercure demeure emmagasiné. On la porte dans un révélateur; on la renforce au besoin; on la fixe; on la sèche. Les couleurs sont dès lors visibles *par réflexion*, et elles demeurent désormais inaltérables; le cliché peut rester *indéfiniment* exposé à la lumière.

On emploiera donc une chambre noire quelconque : il est bon que l'objectif soit très lumineux, afin de diminuer le temps de pose.

Comme châssis, on peut employer celui construit par M. Mackenstein (voir fig. 1). La partie antérieure du châssis est mobile autour des charnières A, A. On l'ouvre et on dispose la plaque P sur un cadre de peau de chamois C, collé sur une plaque de fer. On referme le châssis au moyen des fermoirs F; la plaque appuie alors sur la peau de chamois par la pression des ressorts *rr*, l'espace situé derrière elle constitue une sorte de cuvette très plate. Une ouverture O placée à la partie inférieure communique par un tube de caoutchouc T avec un réservoir de fer R contenant du mercure retenu par des robinets de fer. Il suffit d'élever ce réservoir et d'ouvrir les robinets pour que le mercure passe en *m* derrière la plaque. Après la pose, la manipulation inverse fera rentrer le mercure dans le résevroir. Tout l'appareil a la forme d'un châssis négatif simple V.

Quant aux plaques transparentes, l'opérateur en est réduit, jusqu'à présent, à les fabriquer lui-même. Les plaques du commerce sont, on le sait, laiteuses et opaques. MM. Lumière, M. Valenta, ont publié des formules qui fournissent une émulsion transparente au gélatino-bromure. On opère comme pour la fabrication des émulsions ordinaires, mais en réduisant la dose de bromure, en ne dépassant pas la température de 40°, et en coulant l'émulsion dès qu'elle est prête, sans la laisser mûrir [1].

Après la pose, on porte les plaques dans un développateur dilué (amidol). On la renforce par du bichlorure de mercure et de l'amidol. L'épreuve est dès lors terminée; il ne reste plus qu'à la sécher pour voir les couleurs par réflexion.

En résumé, une seule plaque, une seule pose, un développement et un renforcement. Les substances employées sont celles de la photographie courante : *pas de matières colorantes.* Néanmoins les colorations du modèle restent sur l'épreuve. Comment expliquer ce résultat?

Il faut nous reporter aux lois connues de la lumière. La lumière est une vibration. Chaque couleur est produite par une vibration d'une certaine forme.

Précisons ce qu'il faut entendre par forme de la vibration. Le point vibrant est écarté à chaque instant de sa position d'équilibre d'une quantité qui s'appelle l'*élongation*. On peut représenter

1. *Préparation des plaques.* — Dans 100 gr. de gélatine dure à 5 p. 100 faire dissoudre 0 gr. 53 de bromure de potassium. Porter à l'obscurité; puis quand la température est au-dessous de 40° ajouter 0 gr. 75 de nitrate d'argent pulvérisé. On agite une ou deux minutes avec le thermomètre, pour faire dissoudre ce nitrate. On ajoute, pour l'isochromatisme, 3 cc. d'une dissolution alcoolique de cyanine à $\frac{1}{500}$, et 10 cc. d'une dissolution alcoolique de rouge-glycin. Ce dernier produit recommandé par le Dr Neuhauss est fabriqué par Kinzelberger à Prague.

On filtre l'émulsion sur coton de verre, et on la coule sur des plaques de verre propres et tièdes.

On coule l'émulsion comme du collodion. On met les plaques à plat sur un marbre horizontal, jusqu'à ce qu'elles soient bien prises. Puis on les lave une demi-heure, et on les met au séchoir.

Les plaques ainsi préparées se conservent pendant six semaines. On peut les employer telles quelles. Mais il vaut mieux, avant d'en faire usage, leur faire subir une seconde sensibilisation (Lumière). On verse sur leur surface de l'alcool contenant du nitrate d'argent.

Alcool concentré.	100
Nitrate d'argent	0,5
Acide acétique.	quelques gouttes.

On secoue la plaque, qui est sèche au bout de quelques minutes.

En attendant quelques heures, la sensibilité augmente. Pour le portrait il est bon d'attendre quelques heures. Mais au bout de 12 à 15 heures les plaques ainsi traitées commencent à se gâter: Il faut donc ne passer à l'alcool argentique que les plaques que l'on se propose d'employer le jour même.

la loi de la vibration considérée en traçant une courbe C avec les amplitudes pour ordonnées et les temps pour abscisses. La forme de la courbe C représente la loi de la vibration lumineuse. D'autre part, les diverses amplitudes se propagent à travers l'espace avec une même vitesse; elles sont donc distribuées dans l'espace suivant la même loi que dans le temps, et leur distribution dans l'espace est encore représentée par la courbe C.

Cela posé, qu'arrive-t-il lorsque la lumière tombe sur une plaque sensible dans un châssis ordinaire, c'est-à-dire sans mercure? On n'obtient qu'un négatif incolore. Car les diverses amplitudes se succèdent rapidement en un même point de la plaque, et ne l'impressionnent que suivant leur amplitude moyenne. Au contraire, si l'on ajoute le miroir de mercure, tout change. En effet, le rayon lumineux est renvoyé sur lui-même par ce miroir. Au rayon incident, qui se propage avec une vitesse de 300 000 kilomètres par seconde, se superpose le rayon réfléchi, qui marche avec la même vitesse, mais en sens contraire. Les effets de ces vitesses de propagation égale et de sens contraire s'annulent : la vibration devient stationnaire : en chaque point elle a lieu avec une amplitude constante en ce point, et elle y produit une impression photographique correspondante. Après développement, on obtient donc un dépôt photographique dont l'intensité varie d'un point à l'autre de l'épaisseur de la couche, suivant la loi représentée par la courbe C. En d'autres termes, le rayon lumineux pose dans l'intérieur de la couche et s'y moule photographiquement.

Pourquoi revoit-on par réflexion les couleurs qui ont impressionné la plaque? On éclaire la plaque par de la lumière blanche : celle-ci contient, comme on sait, toutes les couleurs, toutes les formes de vibration possibles. Le dépôt photographique en renvoie certains éléments vers l'œil : il y a réflexion partielle, c'est-à-dire réflexion sélective. Le dépôt photographique réfléchit seulement les vibrations dont il a pris la forme, il n'a prise que sur celles-là, et il laisse passer les autres. C'est-à-dire qu'il réfléchit précisément les couleurs qui l'ont impressionné.

Le travail de la lumière est d'une merveilleuse délicatesse. Mais il se fait de lui-même, et l'opérateur n'a à déterminer que la durée de la pose et du développement. A Paris, il faut une à deux minutes au soleil, suivant la saison et l'objectif. Dans le Midi, à la mer et à la montagne, la durée de pose est réduite presque au quart de cette valeur [1].

Les plaques sont encore peu sensibles; ceci du moins a l'avantage qu'on peut les développer sans prendre trop de précautions contre la lumière, par exemple dans une chambre d'hôtel. J'ai ainsi pu rapporter de Suisse, de Venise et autres endroits une collection de souvenirs fidèles. Cette durée de pose est encore un peu longue pour les portraits d'après nature; ceux-ci réussissent bien, mais ils sont peu nombreux. Les natures mortes, les fleurs posent heureusement sans se fatiguer.

Avec le temps, avec les collaborations des chercheurs attentifs, on peut espérer que la photographie en couleurs par le procédé direct fera de nouveaux progrès.

G. LIPPMANN,
de l'Institut.

1. L'épaisseur occupée par le moulage de la vibration C est très faible. En supposant que la couche de gélatine sensible ait l'épaisseur d'une feuille de papier ordinaire de $\frac{1}{10}$ de millimètre, il y a suffisamment de place pour y superposer :

330	moulages de la vibration C	qui	correspond au	*rouge.*
400	—	—	—	*jaune.*
500	—	—	—	*violet.*

L'éclat de la couleur observée tient au nombre considérable de ces moulages identiques qui ajoutent leurs effets, comme ajouteraient leurs effets des phonographes parfaitement accordés sur lesquels on aurait enregistré la même phrase.

En modifiant la dimension du moulage C on doit changer évidemment la couleur qu'il réfléchit.

Pour s'en rendre compte il suffit de suivre ce qui se passe lorsqu'on mouille une épreuve colorée du spectre qu'on laisse ensuite sécher.

Tout d'abord la couche de gélatine (ou d'albumine) qui forme le cliché, se gonfle, l'épaisseur occupée par le dépôt d'argent, produit à la pose par la vibration C, augmente considérablement, et, en un instant, toutes les couleurs disparaissent. C'est que l'épaisseur du dépôt périodiquement répété correspond maintenant à une vibration C′ relative à l'infra-rouge, lequel est invisible pour l'œil; inversement, pendant la dessiccation, le moulage reprend progressivement sa dimension première et les couleurs réapparaissent.

Si la dessiccation se fait uniformément on voit les couleurs réapparaître comme il suit :

Le rouge rentre en tête par l'extrémité qui était primitivement violette, traversant toute la longueur du cliché pour aller reprendre sa place; le jaune marche derrière lui, suivi du vert, et ainsi de suite jusqu'au violet.

Toutes les couleurs se trouvent ainsi revenues à leur place.

MÉCANIQUE PHYSIQUE

LA MÉTALLOGRAPHIE ET LES ESSAIS MÉCANIQUES.

Les propriétés mécaniques des pièces métalliques utilisées dans les constructions si variées de l'Industrie moderne sont sans nul doute liées à la structure interne du métal ou des alliages employés. Révéler la structure interne au moyen de surfaces convenablement préparées, tel est le but de la *métallographie*.

Cette science, qui date de quelque dix ans, et que les remarquables travaux de MM. Osmond, Le Chatelier, Roberts-Austen, Behrens, etc., ont fait pénétrer de plus en plus dans la pratique industrielle, sert à la fois de guide au producteur et de contrôle au consommateur.

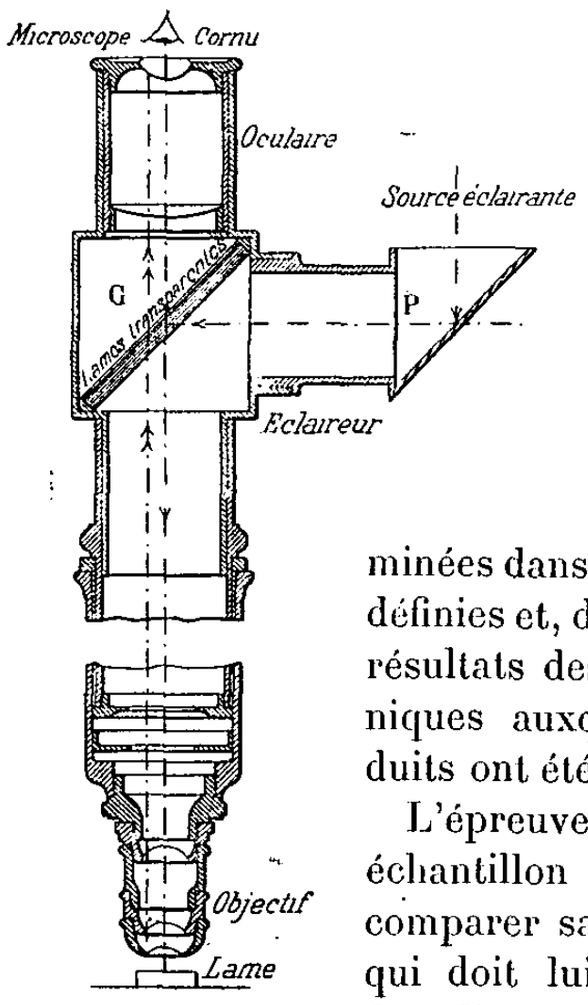


FIG. 1. — MICROSCOPE A ÉCLAIREUR CORNU.

On dresse au préalable des atlas renfermant, d'une part, les photographies de surfaces pratiquées dans les divers produits métallurgiques et examinées dans des conditions définies et, d'autre part, les résultats des essais mécaniques auxquels ces produits ont été soumis.

L'épreuve ultérieure d'un échantillon consistera à comparer sa coupe à celle qui doit lui correspondre dans l'atlas métallographique : du même coup on connaîtra, par la place qu'il occupe dans la série à laquelle il appartient, la teneur des substances alliées, leur nature, et les applications qu'il est rationnel d'en faire.

Il est impossible de ne pas comparer cette méthode d'investigation à celle que pratique le spectroscopiste lorsqu'il recherche la présence de tel ou tel élément dans un corps complexe.

La métallographie est utile au métallurgiste à un autre point de vue encore : elle lui montre comment l'arrangement intérieur dépend de la *température* et de la *pression* à laquelle se trouvent soumis des éléments donnés en nature et en proportion, indications précieuses pour la bonne marche des opérations parce qu'elles les rendent économiques et sûres.

L'outillage du métallographe se devine. Il lui faut préparer d'abord la surface à examiner, d'où l'emploi de scies, de meules d'émeri, de meules de drap, etc., permettant d'obtenir un beau poli.

Des réactifs appropriés, acide picrique, picrate de

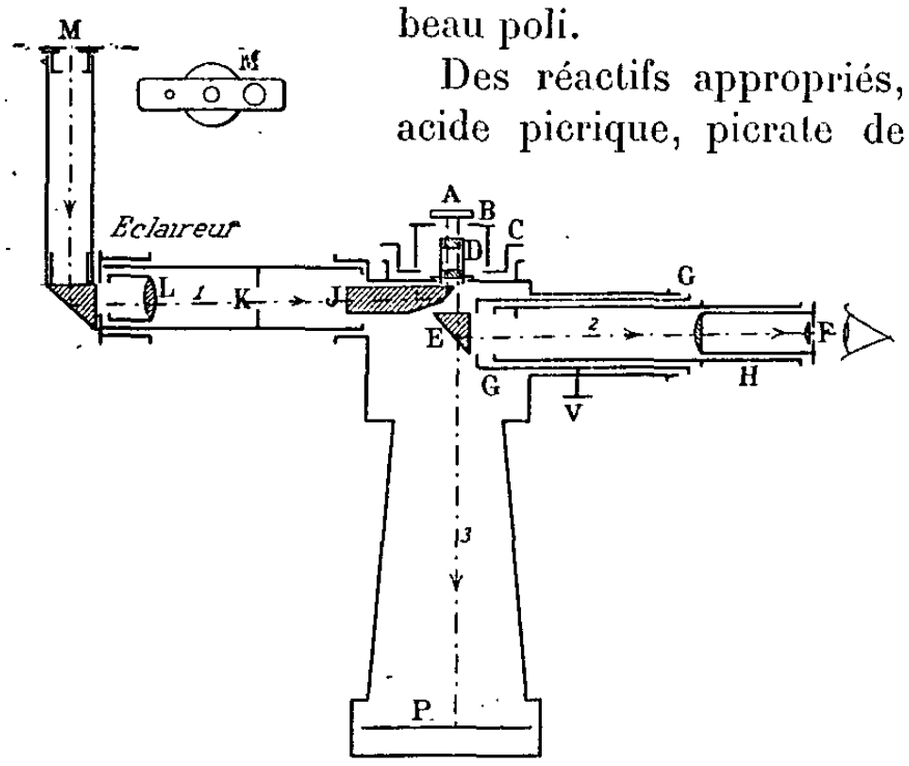


FIG. 2. — MICROSCOPE A OBSERVATION HORIZONTALE.
M, L, K, J, éclaireur de la surface A.
D, E, H, F, observation visuelle de A.

soude, acide azotique, etc., font ensuite apparaître, en les différenciant, les groupements incorporés.

Il reste à examiner ensuite la surface au microscope et à la photographier. Les figures 1 et 2, représentent les dispositifs optiques employés dans ce but.

Dans le microscope de Cornu (fig. 1) la lumière de la source éclairante choisie, après s'être réfléchie sur la face hypothénuse du prisme P puis sur les glaces *sans tain* G, frappe la surface en expérience qui se trouve ainsi éclairée. Elle renvoie des rayons qui traversent les glaces G et pénètrent dans l'œil de l'observateur. Celui-ci aperçoit l'image de la surface dès qu'il a mis le microscope au point.

Dans le microscope à *éclairage Guillemin-Nachet*, le prisme éclaireur est placé au-dessus et près de l'objectif dont il ne couvre d'ailleurs que la moitié de la surface, de façon à laisser la route libre aux rayons réfléchis par la lame et qui font retour vers l'oculaire.

Pour rendre l'observation moins fatigante et la faire porter sur une large surface, M. Le Chatelier a établi un dispositif (fig. 2) suffisamment expliqué par la légende qui accompagne cette figure.

Pour transformer un microscope en un objectif photographique, il suffit d'enlever l'oculaire ou bien d'écarter celui-ci de l'objectif par un tirage convenable : on obtient ainsi une image réelle que l'on peut recevoir sur un écran ou sur une plaque sensible. Dans l'appareil de M. Le Chatelier on passe de l'observation optique à la photographie en tirant le tube G; le prisme E se trouve alors entraîné vers la droite et la lumière renvoyée par la surface inférieure de la lame A vient former l'image de cette surface en P où l'on place la plaque sensible. L'emploi d'un objectif auxiliaire permet d'obtenir telle grandeur d'image que l'on désire.

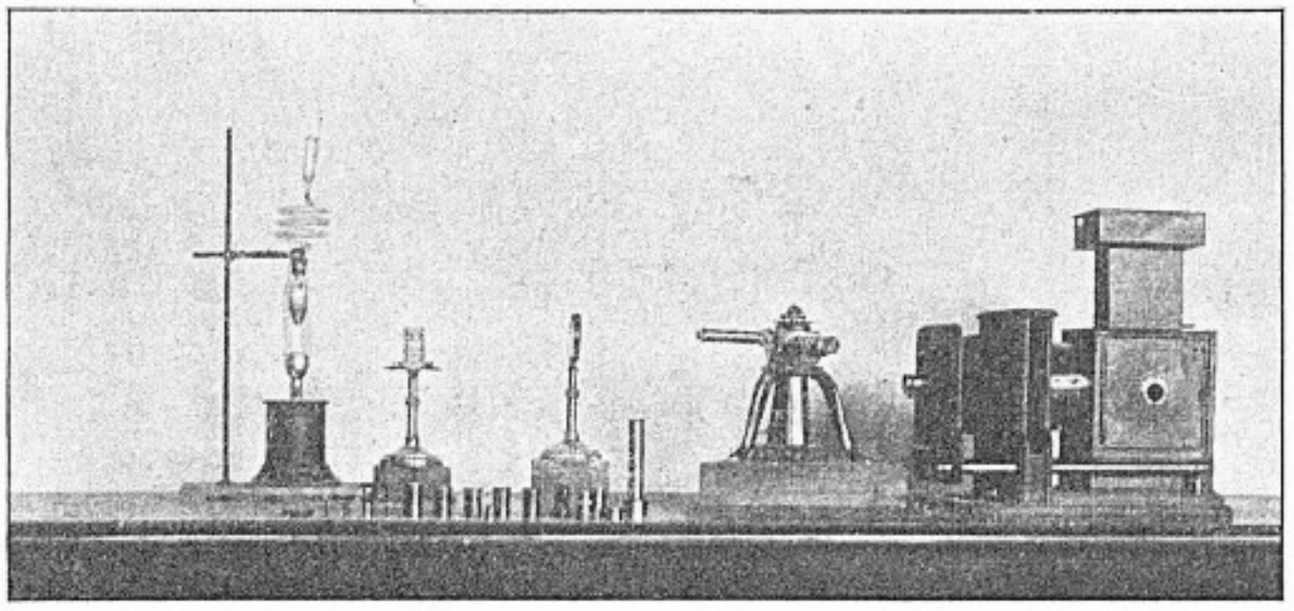


FIG. 4. — INSTALLATION MÉTALLOGRAPHIQUE COMPRENANT UN ARC AU MERCURE, UNE CUVE A SULFATE ACIDE DE QUININE, UNE LENTILLE ET L APPAREIL MICROPHOTOGRAPHIQUE LE CHATELIER.
A droite on voit un appareil d'agrandissement.

Pour obtenir de bonnes épreuves il faut donner tous ses soins à l'éclairage.

Pour la simple observation une source quelconque peut convenir : le bec Auer est d'un emploi commode. Au point de vue photographique l'arc électrique est à rejeter à cause de ses variations. M. Osmond se sert de petites lampes à incandescence dont le filament est disposé horizontalement en regard de l'éclaireur à volets mobiles d'un microscope Guillemin-Nachet.

FIG. 3. — ARC AU MERCURE.

A Charlottenburg, au laboratoire de M. Martens, on opère à la lumière oxhydrique.

En France, M. Le Chatelier reçoit sur le diaphragme de son appareil la lumière indigo émise par un arc au mercure et que laisse passer une cuve renfermant du sulfate acide de quinine. L'arc jaillit entre les masses de mercure *a* et *c* (fig. 3) isolées l'une de l'autre par un tube de verre et par un enduit réfractaire *b* : une force électromotrice de 15 à 25 volts et un courant de 3 ampères suffisent pour l'alimentation de l'arc. Au début il est bon de porter l'intensité du courant à 4 ou 5 ampères. L'ampoule *e* contient de l'eau qui sert à ralentir l'échauffement de l'appareil : le liquide vaporisé se condense dans le serpentin 1 d'où il retombe dans l'ampoule.

On voit (fig. 4) le dispositif que j'ai adopté pour mes propres recherches et qui est à peu de chose près celui installé par M. H. Le Chatelier au collège de France.

Micrographie des Aciers au carbone.

Comme exemple de résultats obtenus mentionnons les belles recherches métallographiques de M. Osmond, qui l'ont conduit à caractériser les *constituants* des aciers au carbone.

Ce sont :

1° La *ferrite*, fer pur que l'on trouve dans tous les aciers recuits contenant moins de 0,9 p. 100 de carbone. Une attaque à l'acide azotique, ou à l'acide picrique, fait apparaître la ferrite sous forme de *grains polyédriques*, surtout dans les aciers peu carburés (fig. 5).

2° La *cémentite*, carbure de fer qui se présente à l'état indépendant soit dans les aciers recuits contenant plus de 0,9 p. 100 de carbone, soit, mais en petite quantité, dans certains aciers trempés. Une attaque à l'acide picrique fait

apparaître la cémentite en blanc, une attaque au picrate de soude la fait apparaître en noir (fig. 6 et 7).

3° La *perlite*, qui présente parfois l'aspect nacré de la perle, est un composé formé de lamelles alternantes de cémentite et de ferrite.

La perlite, qui existe dans tous les aciers recuits, apparait en noir par l'acide picrique (fig. 8 et 9).

4° La *martensile* se trouve dans les aciers trempés à bonne température : elle est caractérisée par de fines aiguilles qui s'entrecoupent suivant trois directions. La martensite peut contenir plus ou moins de carbone; lorsqu'elle en est saturée elle prend le nom de hardénite (fig. 14 et 17).

5° La *troostite* caractérise un acier trempé à trop basse température, elle se présente en rognons que colorent les attaques aux acides azotique ou picrique (fig. 10).

6° L'*austenite* se produit mélangée de hardenite (fig. 17) dans un acier contenant plus de 1,2 de carbone p. 100 et que l'on trempe dans un bain à 0° après l'avoir porté à 1 050 degrés.

7° La *sorbite* est de la perlite que l'on ne peut pas résoudre au microscope. Dans la figure 9 de nombreuses régions sont occupées par de la sorbite.

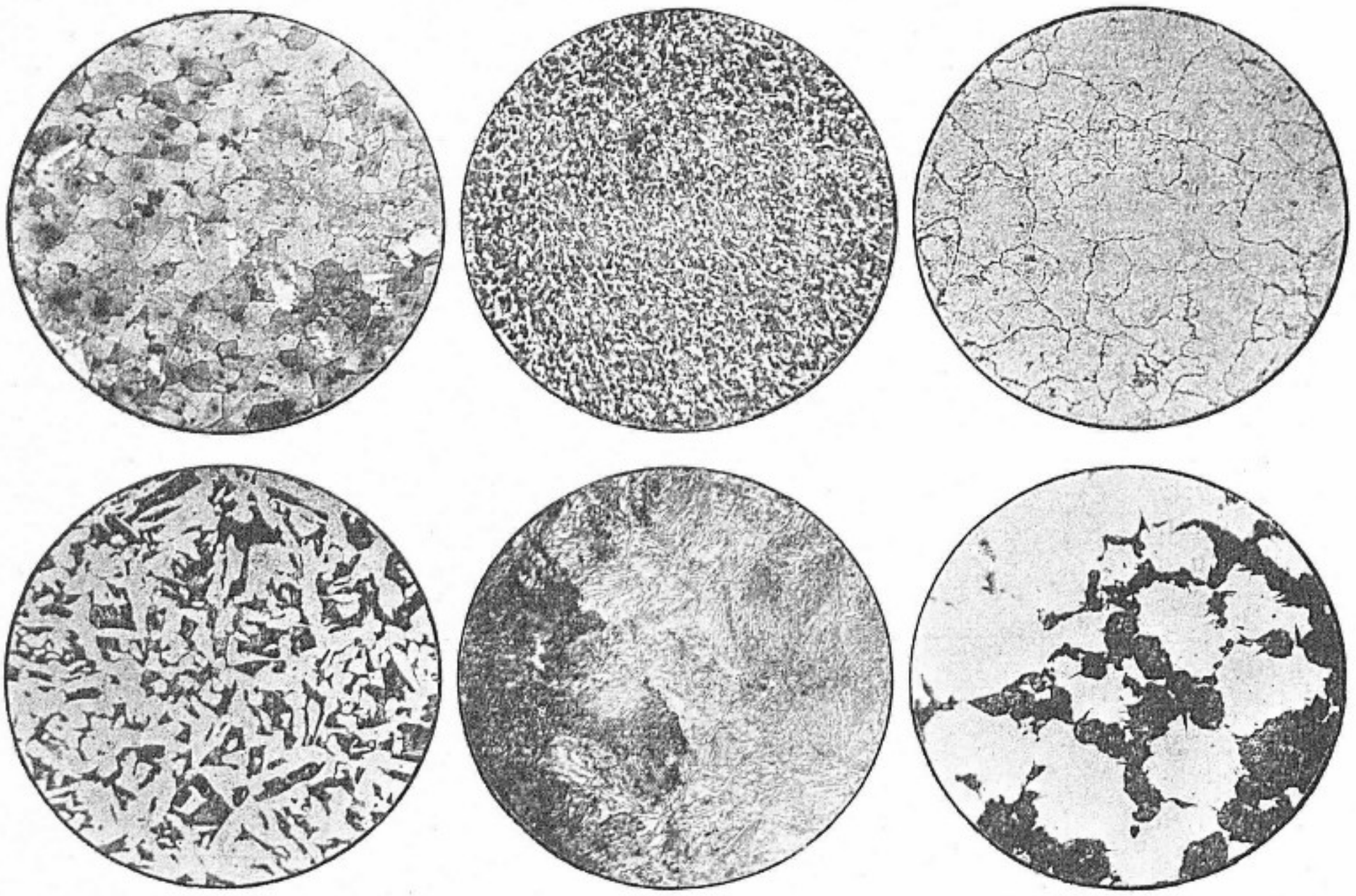


FIG. 5. — FERRITE. FIG. 6. — CÉMENTITE (acide picrique). FIG. 7. — CÉMENTITE (picrate de soude).
FIG. 8. — PERLITE. FIG. 9. — PERLITE ET SORBITE. FIG. 10. — TROOSTITE.

Micrographie des Aciers au nickel.

Si l'on examine au microscope comme je l'ai fait au moyen du dispositif représenté figure 4, diverses séries d'aciers au nickel la teneur en carbone étant constante pour chacune d'elles, alors que la teneur

GROUPE	CARACTÉRISTIQUE	ACIERS A 0,120 C	ACIERS A 0,250 C	ACIERS A 0,800 C
1re	Fer α + Perlite	de 0 à 12 p. 100 Ni	de 0 à 7 p. 100 Ni	de 0 à 5 p. 100 Ni
2e	Martensite	de 12 à 27 p. 100 Ni	de 7 à 25 p. 100 Ni	de 5 à 15 p. 100 Ni
3e	Austenite	Plus de 27 p. 100 Ni	Plus de 25 p. 100 Ni	Plus de 15 p. 100 Ni

en nickel va en croissant, on est conduit à les répartir toujours en trois groupes dont les caractères sont résumés dans le tableau précédent et les légendes des figures 11 à 16.

Essais mécaniques.

Il faut maintenant soumettre les échantillons étudiés micrographiquement à des essais méthodiques en vue de rechercher le *sens mécanique* des particularités observées sur les surfaces.

On enregistre divers coefficients : 1° le nombre de kilogrammes que le métal peut supporter sans se rompre et par millimètre carré de section (essai à la traction), R ; 2° le nombre de kilogrammes qu'il peut supporter par millimètre carré sans subir une déformation qui persiste après la suppression de la traction (limite d'élasticité), E ; 3° l'allongement, rapporté à 100 millimètres, que la barre subit en se rompant, A p. 100. 4° la *striction*, qui est égale à 100 fois le rapport de la plus grande variation de section du barreau rompu, à la section primitive, Σ.

Ce n'est pas tout, il faut se préoccuper encore de la *fragilité* et de la *dureté*.

L'épreuve de fragilité consiste à soumettre à un *choc unique* une barette de métal portant une entaille parfaitement définie qui détermine une zone fragile. On mesure en somme le nombre de kilogrammètres nécessaires pour briser, par un seul choc, des barrettes identiques des divers échantillons. Cette méthode, préconisée par M. Frémont, donne de bons résultats.

La dureté est marquée par le *chiffre de Brinnell* : c'est le quotient de la pression d'application d'une bille type (acier très dur), sur la surface de l'échantillon à essayer, par l'aire de l'empreinte obtenue (calotte sphérique).

Les essais à la traction montrent que tout d'abord la charge de rupture et la limite d'élasticité vont en augmentant petit à petit, tandis que les allongements et les strictions décroissent

ACIER BRUT DE FORGE : G = 300. — FIG. 11 (0,120 carbone; 30 p. 100 nickel). — FIG. 12 (0,800 carbone; 2 p. 100 nickel). — FIG. 13 (0,120 carbone; 5 p. 100 nickel). — FIG. 14. MARTENSITE (0, 120 carbone; 12 p. 100 nickel). — FIG. 15 (0,800 carbone; 20 p. 100 nickel). — FIG. 16 (0,800 carbone; 7 p. 100 nickel).

On retrouve les formes déjà indiquées pour les aciers au carbone. — La structure polyédrique que l'on remarque pour certains aciers est celle de l'austenite dans les aciers assez riches en nickel et manganèse. — La figure 14 donne nettement la structure de l'acier à 12 p. 100 de nickel et 0,120 de carbone. — On n'y voit que de la martensite. — Les figures 12 et 13 ne montrent que de la perlite et de la ferrite ; le premier de ces constituants est en très petite quantité dans la figure 12, en quantité très considérable dans la figure 13. — La figure 16 montre de la hardenite très fine. — Enfin les figures 15 et 17 représentent des polyèdres d'austenite. — La figure 17 indique des plans de clivage très accentués dans certains de ces polyèdres.

peu à peu. Puis *subitement* la charge de rupture et la limite d'élasticité atteignent des valeurs extrêmement élevées que l'on rencontre à peine dans les aciers au carbone trempés; par contre les allongements et les strictions sont extrêmement faibles et même nuls. Ces différentes caractéristiques se maintiennent entre certaines teneurs en nickel; puis, *subitement encore*, cette teneur allant en augmentant, les allongements et les strictions reprennent une valeur élevée alors que la limite d'élasticité et la charge de rupture s'abaissent considérablement.

FIG. 17. — AUSTENITE (EN BLANC) ET HARDENITE (EN NOIR).

Ici encore trois groupes s'imposent (fig. 18, 19, 20):

Le premier, dans lequel les valeurs de la résistance à la rupture, etc., sont voisines de celles des aciers au carbone, bien qu'un peu supérieures.

Le deuxième, pour lequel les caractéristiques trouvées sont sensiblement les mêmes que pour les aciers ordinaires trempés avec une amplification plus ou moins grande.

Le troisième, qui correspond à des propriétés toutes nouvelles rapprochant ces aciers de certains métaux, tels que le cuivre, le nickel Ni, etc.

En faisant varier la teneur en carbone dans diverses séries on retombe toujours exactement sur la classification précédente.

Pour ne pas compliquer la question par des tableaux fort longs et d'une lecture pénible, nous donnerons simplement les graphiques des résultats à la traction obtenus sur ces trois séries d'aciers. Les trois groupes imposés par l'étude micrographique y sont nettement caractérisés.

Enfin, par l'étude de la dureté et de la fragilité de ces mêmes aciers, on retrouve encore les trois groupes déjà indiqués, la dureté et la fragilité atteignant leur maximum pour les aciers à martensite pure, ce qui a lieu pour les aciers au carbone qui ont été trempés.

Cela ressort des graphiques (fig. 21 et 22).

Nous nous permettrons d'ajouter encore quelques remarques :

Le maximum de dureté dépend de la somme C + Ni; il est atteint pour une dose de nickel d'autant plus faible qu'il y a plus de carbone. Après la trempe les aciers à 0,120 de carbone ne sont pas sensiblement plus durs qu'avant. Toutefois la dureté de l'acier de cette série à 10 p. 100 de Ni a augmenté; cela s'explique aisément, cet acier étant formé, avant la trempe, de ferrite + martensite et, après la trempe, de martensite pure.

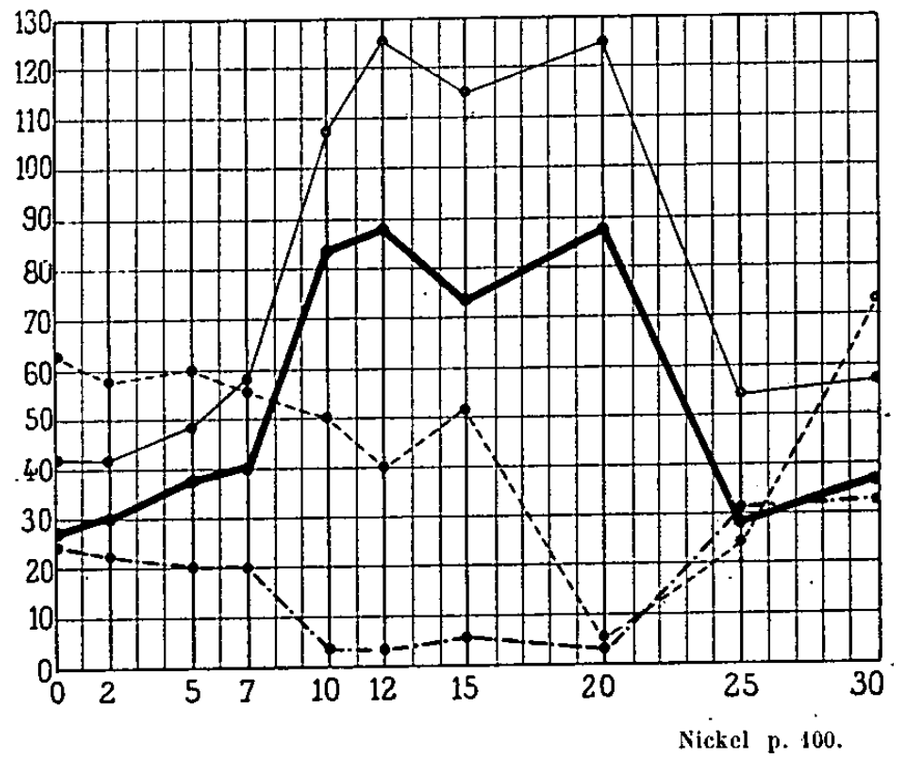


FIG. 18. — ESSAIS A LA TRACTION SUR ACIERS BRUTS DE FORGE A 0,120 DE CARBONE (C).

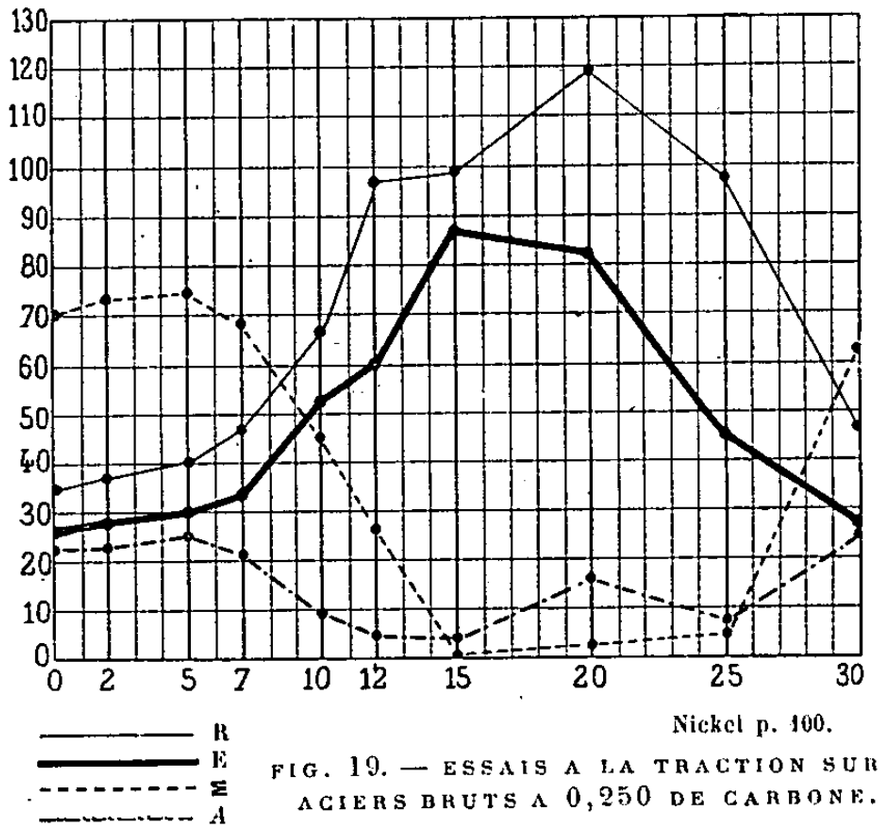


FIG. 19. — ESSAIS A LA TRACTION SUR ACIERS BRUTS A 0,250 DE CARBONE.

Les aciers à 0,400 et 0,800 de C possèdent sensiblement, après la trempe, la même dureté qu'avant, à l'exception des aciers rentrant dans la première classe qui, à l'état brut de forge, sont formés de ferrite et de perlite.

Enfin, particularité très intéressante, les aciers à 30 p. 100 de nickel ont sensiblement la même

dureté après ou avant la trempe, qu'ils contiennent 0,120 ou 0,800 de C.

Au point de vue de la fragilité, on voit que le

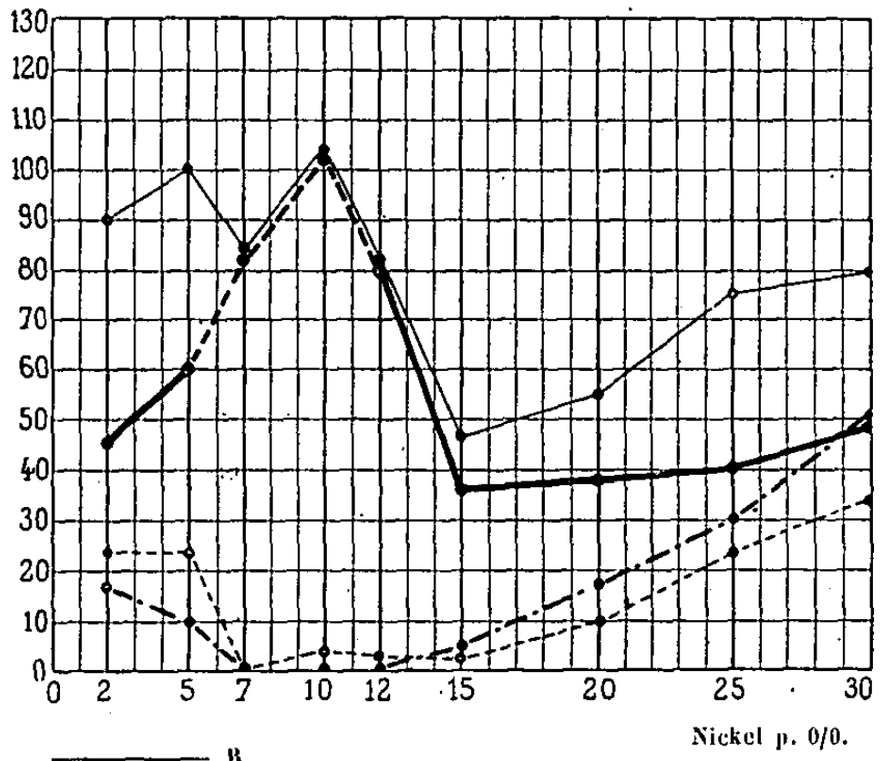


FIG. 20. — ESSAIS A LA TRACTION SUR ACIERS BRUTS DE FORGE A 0,800 DE CARBONE.

maximum est atteint par les aciers les plus durs, ce qui était à prévoir.

Il y a d'ailleurs concordance presque complète entre la fragilité et la dureté. Après la trempe, la fragilité reste sensiblement la même qu'avant la trempe, excepté pour les aciers du prémier groupe ; pour ces aciers elle est généralement augmentée.

Mais le point certainement le plus intéressant à signaler est le suivant : les aciers austénitiques ne sont pas fragiles, même lorsqu'ils contiennent de grandes quantités de carbone.

C'est ainsi que les aciers à 25 et 30 p. 100 de Ni et contenant 0,800 de C donnent de 35 à 40 kgm. à l'appareil de M. Frémont.

Les aciers martensitiques deviennent moins fragiles après la trempe, ce qui tient à ce que par la trempe une partie du fer passe à l'état d'austénite.

Je n'insisterai pas davantage sur les nombreux résultats acquis, qu'il est facile de lire dans diverses revues techniques:

Conclusions.

En résumé, de la vue micrographique d'un acier au nickel, on peut en conclure d'une façon suffisamment

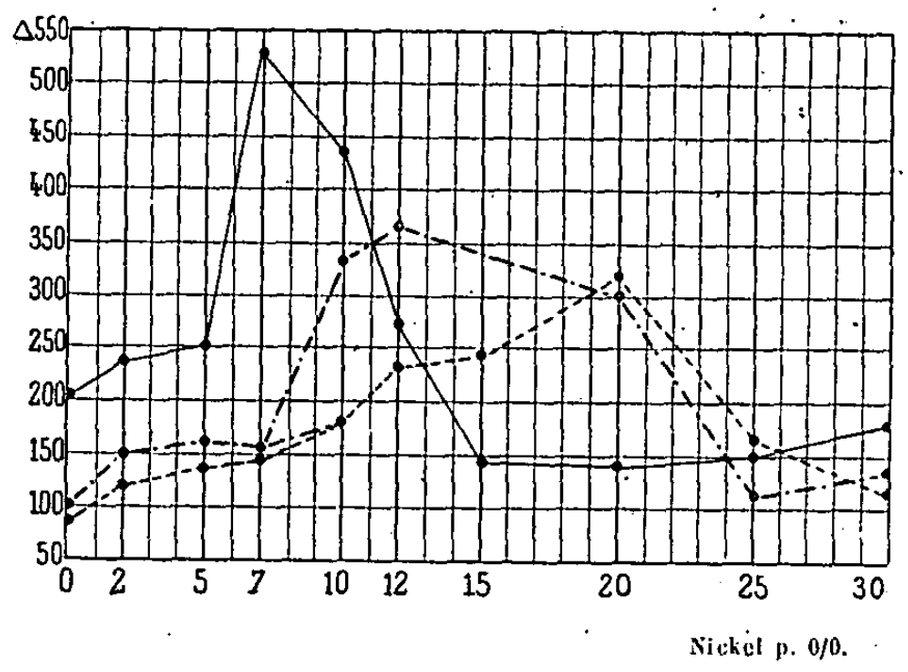


FIG. 21. — ESSAIS A LA DURETÉ PAR LA MÉTHODE BRINNEL.

approximative sa valeur ; on peut dire, en admettant qu'il ne contienne pas notablement d'impuretés, surtout du phosphore, s'il est fragile, à haute ou basse limite élastique, difficile à usiner, etc.

Si l'on veut bien songer qu'un essai micrographique demande, dans un laboratoire bien outillé, avec un aide habitué au polissage, à peine vingt minutes, au maximum une demi-heure, on conclura que la métallographie est appelée à supplanter dans une certaine mesure les méthodes d'essais actuels, dont aucune ne saurait atteindre sa précision.

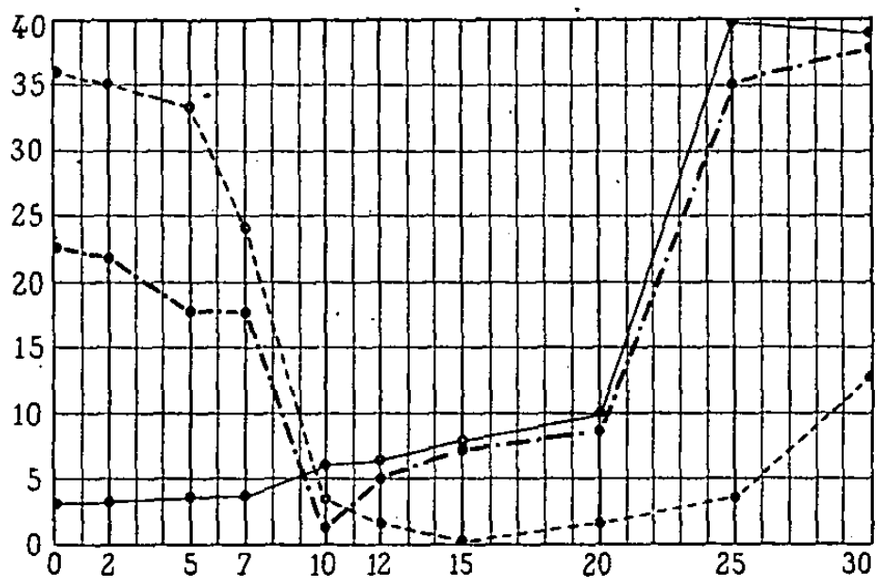


FIG. 22. — ESSAIS AU CHOC SUR ACIERS OU NICKEL BRUTS DE FORGE.

C'est là le plus bel éloge que l'on puisse faire de cette science, créée par M. Osmond, et qui a déjà fourni de si précieuses indications pour la fabrication rationnelle, de plus en plus importante, des aciers.

LÉON GUILLET,
Docteur ès-sciences
Ingénieur des arts et manufactures.

SPÉLÉOLOGIE

L'ENFOUISSEMENT DES EAUX SOUTERRAINES ET LE DESSÉCHEMENT DE LA TERRE.

Les esprits chagrins qui tiennent à se préoccuper du mode selon lequel se réalisera, du moins pour les habitants de la terre, la « fin du monde » ont jusqu'à présent hésité entre les trois hypothèses suivantes : arrêt de la vie faute de calorique interplanétaire, par suite de l'extinction graduelle de l'astre du jour; — asphyxie par raréfaction progressive de l'atmosphère; — mort par la soif due à la disparition des eaux potables et au desséchement de l'écorce terrestre.

Dès maintenant il semble bien acquis que le dernier de ces trois cas sera le plus promptement réalisé et que le second en découlera tout naturellement.

Que la terre se dessèche, que l'eau y disparaisse inéluctablement et que son évolution finale — en ce qui touche les manifestations de la vie — la conduise fatalement à l'état déjà atteint par la lune, c'est là une perspective aussi sûre que fâcheuse, dont abondent les prodromes évidents.

Je veux établir ici que, sans affecter à bref délai les générations présentes, la menace de la dessiccation terrestre intéresse un avenir bien moins lointain qu'on ne le suppose en général.

Depuis longtemps les géologues ont proclamé que l'approfondissement des vallées actuelles, leur réduction par rapport aux thalwegs tertiaires et quaternaires, la plus grande abondance des précipitations atmosphériques aux anciennes époques, la multiplication des vallées sèches, la diminution des sources, le soutirage de plus en plus actif des ruissellements par les points d'absorption (pertes, abîmes, bétoires, embuts, etc.), contraignent de reconnaître l'appauvrissement hydraulique de la surface de notre globe [1].

Les recherches souterraines, si extraordinairement et fructueusement développées depuis vingt ans, surtout dans le Karst autrichien et les régions calcaires de France, d'Angleterre et de Belgique ont transformé cette loi en véritable axiome, en y adjoignant un corollaire qui définit avec plus de précision la tendance des eaux subaériennes et souterraines à entailler de plus en plus l'écorce terrestre. C'est tout récemment que la *spéléologie* nous a fait toucher du doigt comment, dans les cavernes, abîmes et rivières intérieures des terrains fissurés, si peu étudiés avant la fin du XIXe siècle, l'eau d'infiltration, pour se créer des aqueducs de plus en plus enfouis, procède comme les roues de charrettes dans les ornières des chemins non entretenus : la fissuration préexistante des roches, la pesanteur, l'érosion mécanique, la corrosion chimique, la pression hydrostatique, sont les cinq agents effectifs de son œuvre de pénétration, les outils de son travail d'affouillement. Il va sans dire que c'est surtout parmi les joints et diaclases des calcaires, terrains crevassés par excellence, que cette sape, si longtemps intangible, fonctionne avec le plus d'énergie. Théoriquement et dès le commencement du XIXe siècle, Schmerling, Virlet d'Aoust, Parandier, Desnoyers, Boisse, Daubrée, etc., l'avaient à merveille énoncé : empiriquement mes propres explorations souterraines, depuis 1888 [1], dans les abîmes de tous les pays d'Europe, ont fourni la preuve matérielle de la justesse de leurs idées à ce sujet et ont surtout permis de constater *de visu*, dans l'intérieur même du sol, les procédés opératoires de l'eau.

Parmi les formations calcaires, — si abondantes à la surface du globe et qui appartiennent à tous les âges géologiques, depuis l'antique précambrien jusqu'au tout jeune miocène, — la fuite progressive des eaux superficielles, la substitution générale d'une circulation souterraine à la circulation superficielle originaire, sont attestées par une multitude d'observations directes formelles [2]. Dès la première année de mes recherches j'ai attiré l'attention sur le grand péril futur que ce desséchement des régions calcaires (d'abord), cette déperdition des eaux

1. V. Delesse, *Diminution de l'eau superficielle*, Bulletin de la Société géologique de France, 2e série, t. XIX, 4 novembre 1861, p. 87.

1. Voir mes divers ouvrages : *Les Cévennes*, 1890; *Les Abîmes*, 1894; *l'Irlande et les cavernes anglaises*, 1897; *Padirac*, 1901, Paris, Delagrave; *La Spéléologie*, 1900, Paris, Carré et Naud, etc.

2. *Les Abîmes*, p. 66, 86, 100, 130, 181, 186, 220, 298, 310, 346, 371, 555. *Annales des Mines*, juillet 1896, p. 68. *La Spéléologie*, p. 59. *C. R. Ac. Sc.*, 9 juillet 1899. *La Géographie*, mai 1900, p. 368. *Journal Officiel*, 6 juin 1900. *Padirac*, p. 84. *La Géographie*, juillet 1901, p. 40 et 42. *Comptes rendus du VIIIe congrès géologique*, Paris, 1900, et *Bulletin et Mémoires de la Société de Spéléologie*, depuis 1895.

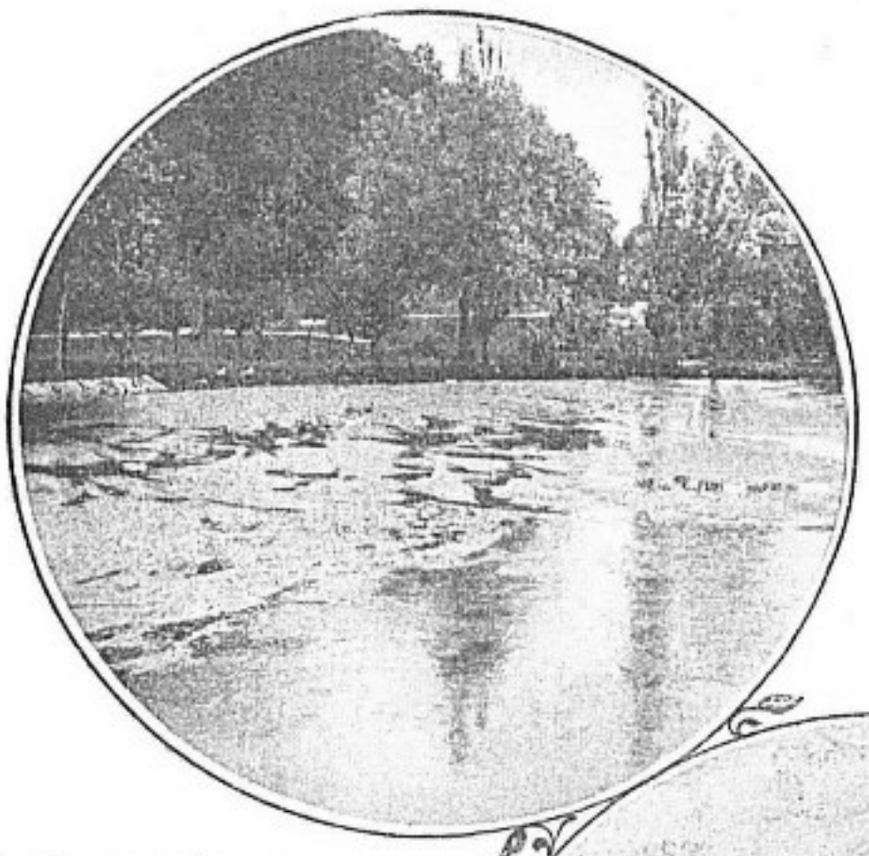


FIG. 1. — RÉSURGENCE DE L'AACH-DANUBE, pareille à la Turvre de la Charente.

FIG. 2. — RÉSURGENCE DE L'EAU NOIRE A CAUVIN (BELGIQUE).

dans le sous-sol fera courir aux populations qui les habitent. Il résulte nettement des constatations accumulées par moi-même et par mes adeptes-spéléologues que le phénomène du soutirage des ruisseaux par les fissures du sol, — de la *capture* de certaines rivières par des fleuves souterrains rejaillissant plus loin et plus bas en *fausses sources* ou *résurgences*, — est singulièrement plus fréquent qu'on ne le pense : si bien que je ne crains pas de définir à présent les grandes cavernes en général comme *des drains naturels qui ont déjà capturé ou qui sont occupés à capturer les rivières externes de leur voisinage*, au préjudice crois-

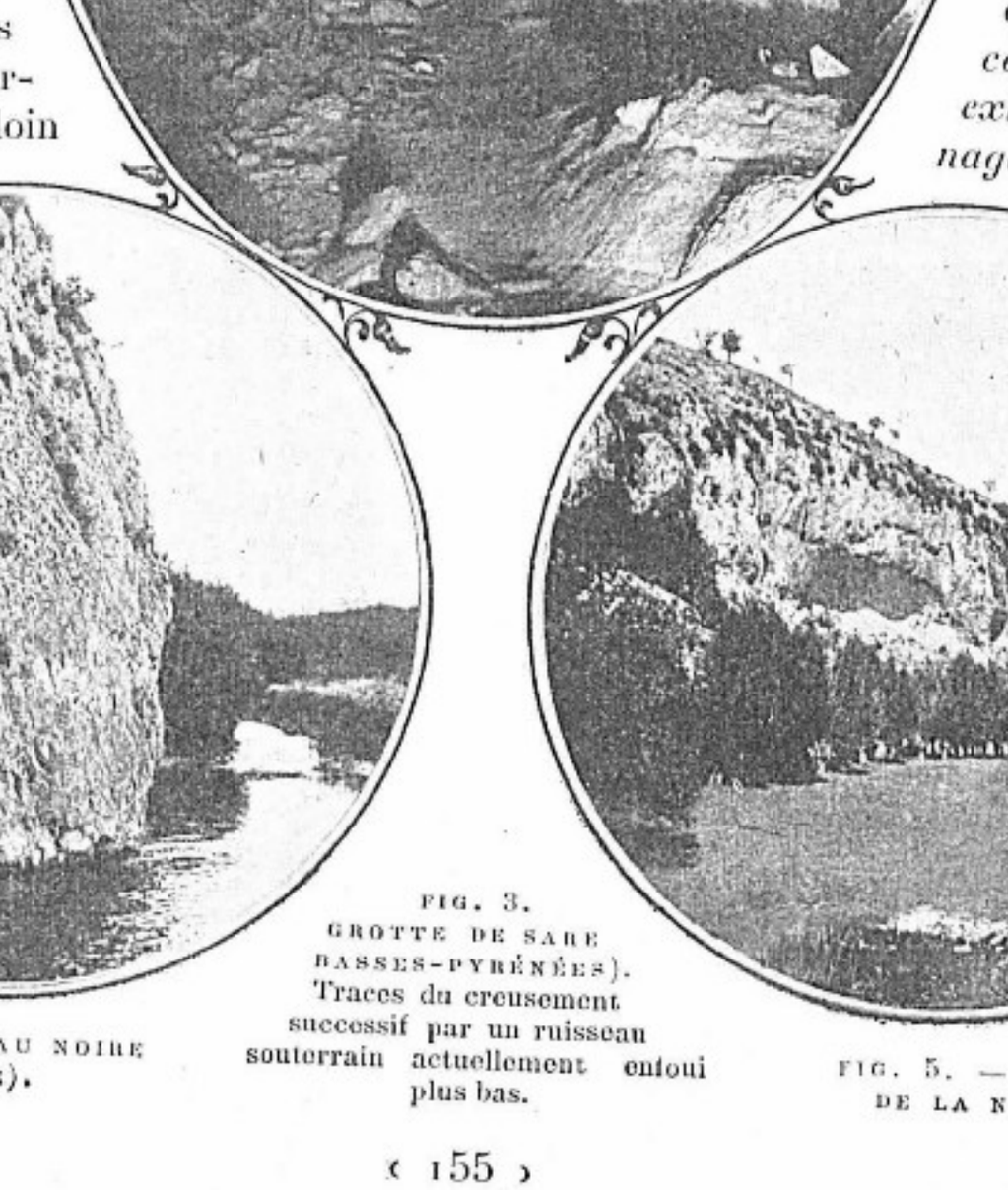


FIG. 4. — CAPTURE DE L'EAU NOIRE A CAUVIN (BELGIQUE).

FIG. 3.
GROTTE DE SARE (BASSES-PYRÉNÉES).
Traces du creusement successif par un ruisseau souterrain actuellement enfoui plus bas.

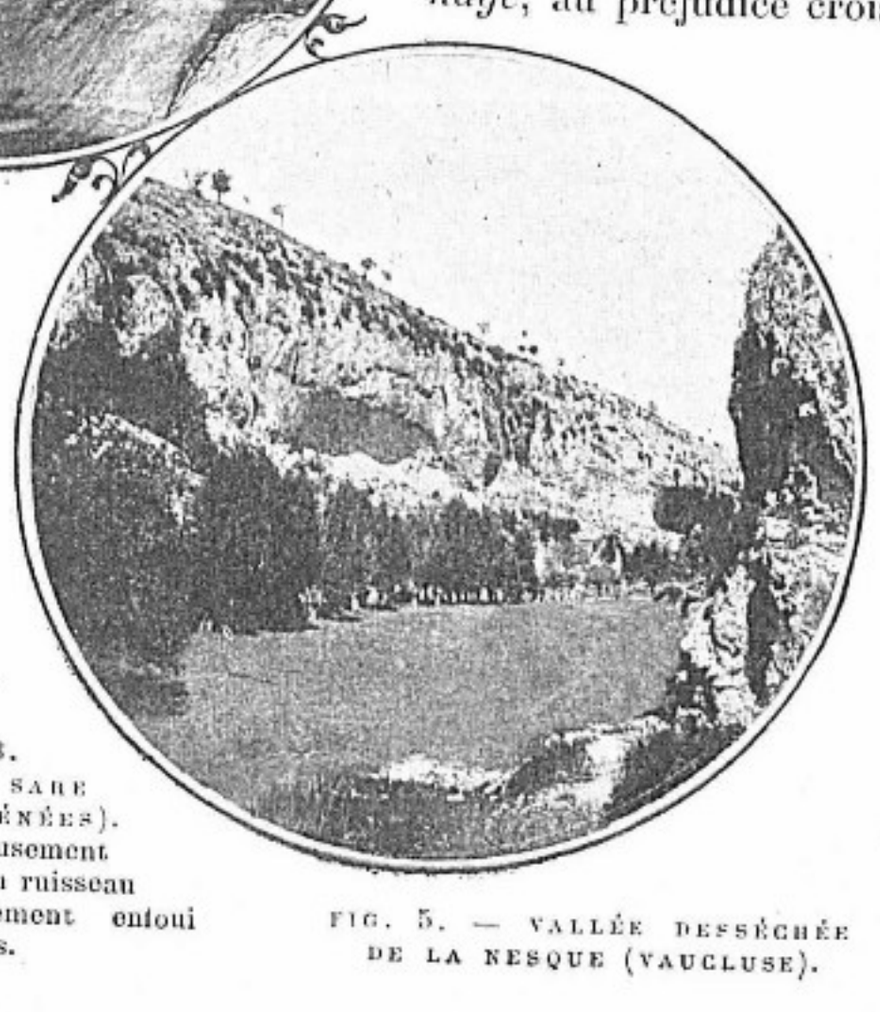


FIG. 5. — VALLÉE DESSÉCHÉE DE LA NESQUE (VAUCLUSE).

sant de l'industrie, de l'agriculture et de l'alimentation.

Entre autres points indiscutables, il est maintenant acquis que, *dans toutes les cavernes connues* à plusieurs étages, les couloirs sont, en règle générale, d'autant moins larges qu'ils sont plus profondément placés (Adelsberg, Han, Rochefort, Agtelek, Bétharram, Sare, Mammoth Cave, etc.); c'est la preuve irrécusable qu'au fur et à mesure qu'elles s'enfouissaient, les eaux des grottes diminuaient de puissance ; et, si l'on compare la petitesse des cours d'eau actuels des cavernes avec la puissance de ceux qui, principalement à l'époque pléistocène, y ont foré les vides immenses des étages supérieurs, on est déjà forcé d'admettre que la déchéance de ces courants a été énorme rien que depuis l'époque quaternaire. En outre il faut aller plus loin et je vais prouver, faits en mains, que ce grave processus des captures, de la dessiccation se poursuit avec une rapidité que l'on n'a pas encore fait connaître; nombre de manifestations récentes, soit d'âge historique, soit même tout à fait contemporaines, permettent d'affirmer que la disparition des cours d'eau, le tarissement des sources, l'abaissement des nappes phréatiques (entraînant partout la nécessité de recreuser les puits sur un à plusieurs mètres) progressent sur une échelle de temps parfaitement accessible à l'observation directe, considérablement plus courte, par conséquent, que ces immenses périodes géologiques, dont rien ne permet encore de supputer la durée et selon lesquelles on est habitué à considérer les altérations physiques du globe terrestre.

Remarquons, en passant, que des modifications climatiques (diminution temporaire de pluies et de neiges) locales ou passagères ne restent assurément point sans influence sur les détails du phénomène qui nous occupe : mais que cette influence météorologique, d'ailleurs impossible à préciser pour le moment faute d'éléments d'observation suffisants, ne saurait avoir un retentissement aussi rapide et aussi continu que les cinq facteurs d'ordre géologique et hydrologique énumérés plus haut. Et d'ailleurs, comme le dit très bien M. L.-A. Fabre (voir ci-après) : « Il n'est nullement prouvé que les Pyrénées, par exemple, soient actuellement soumises à un régime météorologique bien différent de celui qu'elles avaient à l'époque (pleinement historique) où bateliers et radeliers fréquentaient les gaves qui leur sont devenus inaccessibles. »

Pour démontrer l'allure rapide du desséchement de l'écorce terrestre et de l'absorption progressive de ses eaux superficielles, je partagerai en trois classes les faits les plus péremptoires que j'aie à citer.

I.—Constatations anciennes d'ordre historique.

II. — Constatations contemporaines effectuées par moi-même.

III. — Constatations contemporaines effectuées par d'autres auteurs ou observateurs.

I. — 1° Dans son récent et si curieux ouvrage sur l'Odyssée et les Phéniciens (Paris, A. Colin, 1902), M. Victor Bérard cherche à identifier l'îlot désert de Péregil, sur la côte du Maroc (à l'ouest de Ceuta et en face de Gibraltar) avec l'île et la grotte de Calypso d'Homère : une chose le gène cependant, c'est que la caverne actuelle de Péregil ne renferme pas les quatre sources qu'y décrit le barde grec; la difficulté n'est point grave et M. L. de Launay, professeur de géologie à l'école des Mines, qui a pris part d'ailleurs à mes explorations souterraines de Padirac et de Belgique en 1889 et 1890, n'hésite point à la lever, en faisant intervenir l'asséchement des sources — l'approfondissement du trajet des eaux souterraines — et le surcreusement constant des cavernes : « Si nous possédions, pour nos grottes des Causses et de Belgique, des descriptions vieilles de 2000 ans, il est très probable que nous les trouverions à peu près toutes en contradiction sur un fait semblable... Dans les coupes relevées en si grand nombre par M. Martel, on voit constamment d'anciens cours de rivières souterraines à des niveaux différents et de plus en plus profonds... A mesure que notre globe vieillit, sa couche superficielle s'assèche. Le tarissement des quatre sources dans la grotte de Calypso n'est donc qu'un phénomène assez naturel, et une petite recherche géologique suffirait peut-être pour retrouver, desséchées dans la caverne de Péregil, les émergences des quatre sources d'Homère. Il est assez curieux que nous ayons peut-être là l'exemple spéléologique le plus anciennement, le plus authentiquement daté de cette diminution des eaux superficielles, de cette disparition des sources dans les grottes que la géologie nous permet de constater d'une façon plus générale et plus théorique. » (L. de Launay, *La Nature*, 24 janvier 1903, n° 1548.)

2° Selon M. Berthelé [1], un *Voyage en France* publié au XVII[e] siècle (Paris, chez Olivier de

1. *Journal de la Dordogne*, 27 janvier 1903.

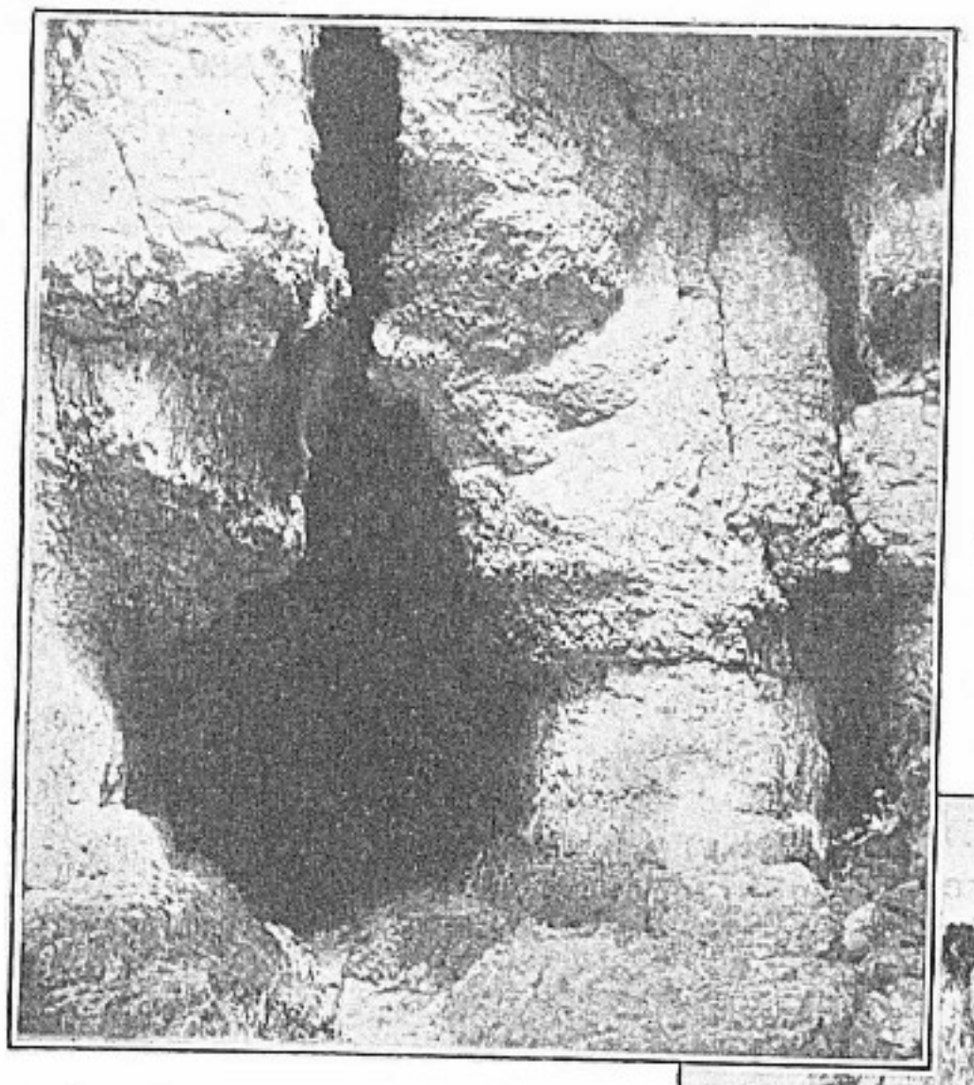


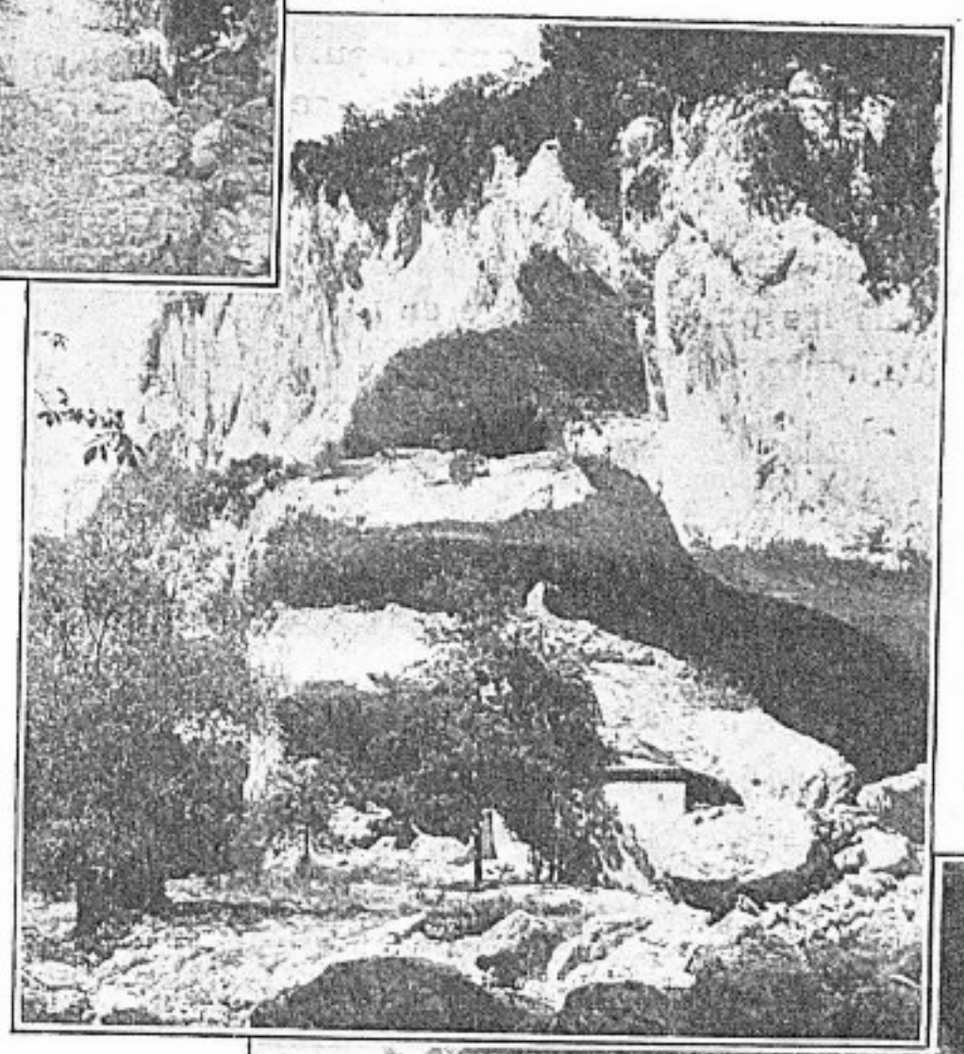
FIG. 6. — GROTTE DE SAINTE CATHERINE A CONSOLATION (DOUBS).
Ancienne résurgence, trop-plein actuel.

Varennes, 3e édition, 1643, p. 106-107), affirme que dans la grande caverne de Miremont (ou du Cluseau, ou Cro de Grandville : longueur totale 4 900 m.) couleraient des fontaines et des fleuves. « Il y en a un, dont le canal est large de cent ou cent-vingt pieds, et qui est fort rapide. » Or, dans la visite méthodique et de plusieurs jours que j'ai faite de cette caverne en 1893 (*Les Abîmes*, chap. XX), pour en lever le plan, je n'y ai pas vu un filet d'eau; seul l'un des couloirs les plus profonds et les plus étroits s'y nomme galerie du Ruisseau, parce qu'un petit cours d'eau s'y entend après les grandes pluies, encore le gardien m'a-t-il affirmé que cet écoulement, très intermittent, semblait s'affaiblir et diminuer chaque année.

3° Dans sa statistique de Vaucluse (Carpentras, 1808, p. 102), Pazzis énonce déjà que le Caulon ou Calavon (passant à Apt et à Cavaillon) est presque sans eau en été, alors que jadis, selon des actes fort anciens, on affermait, à Apt, la pêche de son poisson. Actuellement le Caulon, de plus en plus absorbé, dans les fissures de son lit, par le soutirage qu'exercent les canaux souterrains, encore inconnus de Vaucluse (*Les Abîmes*, p. 60 et 68, et *Comptes rendus Académie des sciences*, 27 janvier et 10 novembre 1902), est même beaucoup plus à sec qu'il y a cent ans.

4° Dans la Somme, M. Hector Josse vient de montrer (*Cosmos*, 21 février 1903) « avec les vieux plans et les annales en mains, à l'aide aussi des souvenirs des vieillards, combien les petits cours d'eau de l'Escaut, la Tortille, la Cologne, l'Encre, la Germaine, l'Omignon, la Fosse Coulant, l'Eaulle, la Luae, etc., ainsi que les nappes phréatiques, » ont perdu en étendue et en importance depuis un siècle.

FIG. 7. — AFFOUILLEMENTS PAR LES NIVEAUX SUCCESSIFS DE LA NESQUE (VAUCLUSE).



5° Dans l'Aisne (*Bul. Soc. de Géographie* de l'Aisne, 4e trim., 1902, p. 188), les sources de

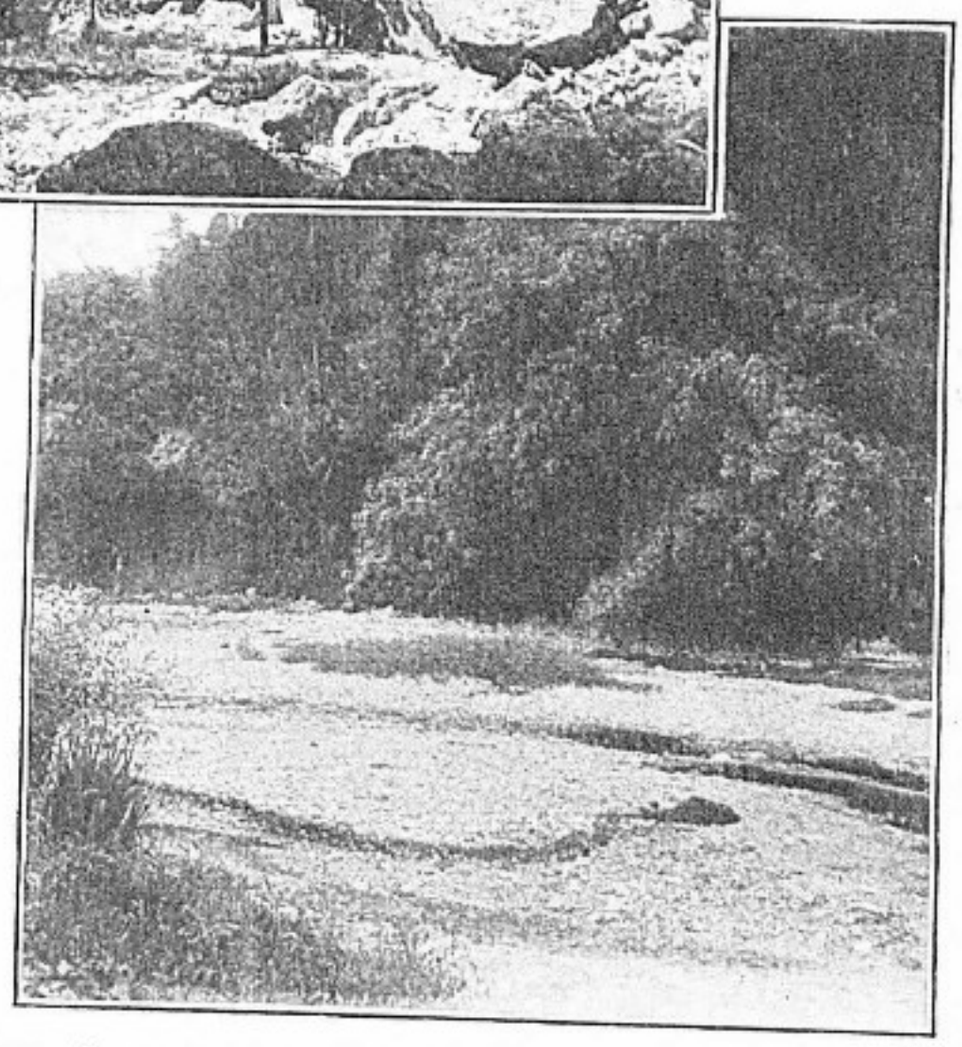


FIG. 8. — PERTE DU DANUBE A IMMENDINGEN (BADE).

la Somme à Fonsomme ont tari depuis 1882. Il y a deux cents ans les premières sources de l'Escaut étaient à l'est de Beaurevoir, à un endroit dont le souvenir a été conservé sous le nom de Sommescaut. D'autres sources, très abondantes au XV^e^ siècle, ne sourdent plus que bien plus loin. Beaucoup d'autres sont entièrement desséchées.

6° A Étretat, dans la Seine-Inférieure, l'abbé Cochet (*Étretat, son passé, son présent, son avenir*, Paris, 1862, p. 124-128) a fait connaître l'histoire de la Rivière du Grand-Val, indiquée sur des cartes, livres et actes publics de 1613 à 1657. C'est vers le milieu du XVII^e^ siècle qu'elle aurait disparu, par la vengeance, selon la légende, d'une fée à laquelle un meunier aurait refusé l'hospitalité. Il est certain que, depuis plus de deux siècles, le cours d'eau enfui ne se manifeste plus que par des sources abondantes sur la plage, près de la grande Porte d'Aval, ne découvrant qu'à marée basse et transformant, à marée haute, tous les puits du village en puits à mareyage. A l'heure présente certains de ces puits ont dû être approfondis jusqu'à 20 et, par places, 50 m. L'un d'eux même serait tout à fait artésien.

7° La comparaison entre l'état actuel des crues et pertes de l'Avre, de la Rille, de l'Iton (Eure) (voir les travaux de M. Ferray) et la description que Guettard a donnée il y a près d'un siècle et demi (*Mémoire* sur plusieurs rivières de Normandie, qui entrent en terre, et qui reparaissent ensuite, *Mémoire de l'Académie des sciences*, 1758, p. 271-317) atteste encore l'allure rapide des déperditions croissantes.

8° Selon M. L.-A. Fabré, inspecteur des Eaux et Forêts, la *Neste*, en Languedoc, a vu son débit réduit de moitié depuis cinquante ans (*La Petite Gironde*, 18 janvier 1902).

9° Le même auteur énonce qu'au « début de notre ère tous les grands cours languedociens et provençaux, torrents desséchés, obstrués aujourd'hui, étaient partiellement navigables; les *utricularii* remontaient l'Aude et la Basse-Durance » (*C. R. Société congrès du S.-O. navigable*, Bordeaux, 1902).

II. — **Constatations faites et renseignements recueillis au cours de mes propres recherches.** — Dès 1888 j'ai montré comment l'enfouissement du ruisseau du Bonheur (Gard) dans les cavernes de Bramabiau, et sa substitution à une précédente cascade extérieure, dont le lit reste visible à côté, se sont produits à une époque relativement récente (*Comptes rendus Académie des sciences*, 3 décembre 1888 et *Bulletin société géologique de France*, 20 mai 1889, p. 615). Depuis lors (notamment en 1892, 1897, 1899 et 1900), j'ai pu relever à l'entrée, au milieu et à la sortie de ces cavernes, des altérations assez nettes (déplacements de pertes, basculements de gros blocs, creusement de rigoles, modifications de cascades, etc.), pour témoigner du rapide approfondissement des chenaux souterrains (*Les Abîmes*, p. 199).

A Montfaucon-du-Lot (Lot), sur le Causse de Gramat, les deux bassins de réception, où l'on avait capté jadis la double émergence d'une source, étaient à sec le 16 juillet 1893; depuis quinze ans, le débit s'était visiblement affaibli, paraît-il, amenant le chômage puis l'arrêt complet de quatre moulins.

Dans la Charente-Inférieure, au sud de Gémozac, la rivière de la Seudre disparaît sur un peu plus de 2 km. 1/2, d'après la carte au 80 000^e^ (feuille de Saintes) levée vers 1850; en octobre 1901, j'ai vu le lit à sec *sur plus de 10 km.*, avec extension de la dessiccation à près de 2 km. en aval (résurgence actuelle au hameau dit *la Mer*) et à près de 6 km. en amont, où la perte s'effectue à Moquerat; dans cette localité également un moulin s'est arrêté, faute d'eau, il y a une vingtaine d'années; ici l'enfouissement s'opère aux dépens des fissures du crétacé supérieur. A Saulcy, près Bar-sur-Aube, une perte du ruisseau de l'Œillet gagne également du terrain, et une source, captée pour le village, diminue sensiblement depuis 1887.

Sans entrer dans d'inutiles détails je pourrais citer nombre de pareils arrêts de moulins, par suite du soutirage de sources ou de ruisseaux, dans les calcaires crevassés du massif des Arbailles, près Mauléon (Basses-Pyrénées), de la haute vallée de la Reverotte (Doubs, etc.).

Parmi les sources ayant quitté un ancien orifice pour un nouveau situé de un à plusieurs mètres plus bas, j'indiquerai, au hasard, Font-Couverte près Saintes (Charente), une fontaine à Nanteuil-la-Fosse (Marne) et quantité d'autres dans la Marne, l'Aube, l'Eure, etc. Au même ordre de faits se rattachent les *enterrements* de rivières de Minerve (*La Nature*, 21 mars 1903), du Thoré (Tarn), de toute la région jurassienne, de la Belgique, etc. (*La Géographie*, avril 1903).

L'hydrologie souterraine de la Belgique surtout est particulièrement riche en cas de ce genre et faits de capture actuels.

III. — **Constatations d'autres observateurs.** — A Ruffec (Charente) M. G. Chauvet remarque,

depuis plusieurs années, que la résurgence du *Lien* (réapparition de la Péruse) semble avoir une tendance à diminuer (communication manuscrite du 10 décembre 1901). Le même département fait voir, à la grotte de Rancogne (au-dessus de la Rochefoucauld), un recul des pertes de la Tardoire vers l'amont et, par suite, une diminution sensible des infiltrations de cette rivière dans la caverne.

Depuis dix ou quinze ans les sources du nord de la France s'acheminent aussi vers un tarissement inquiétant (*Bulletin société Géographie de l'Aisne*, 4e trimestre, 1902, et Pourbaix-Ledune dans le *Journal d'Amiens*, 11 février 1903). Pour la région de l'Yonne, M. Max Le Couppey de la Forest a enregistré le récent déplacement de sources vers l'aval (*Travaux des eaux de l'Avre et de la Vanne*, 1899-1900, p. 376, et 1900-1901 p. 597). Dans sa curieuse étude sur l'hydrographie du département de l'Eure (Évreux, 1896) M. Ed. Ferray constate l'abaissement des eaux de cette région depuis vingt ans.

Enfin, depuis 1875, il est hors de doute que le haut Danube s'absorbe de plus en plus dans les pertes qui, en aval d'Immendingen (Bade), le soutirent vers la résurgence d'Aach qui, comme on le sait, *capture* en entier, pendant tout l'été, le haut Danube au profit du lac de Constance, c'est-à-dire du Rhin (voir *la Géographie*, septembre 1900, p. 211, et les récents *Mémoires* de MM. Penck, Endriss, etc.).

La multiplication indéfinie de ces sortes d'exemples n'est qu'une affaire d'enquête approfondie et de patientes recherches.

Il en résulte nettement que les sources, au moins dans les terrains fissurés, après avoir donné lieu à une si pénible lutte hygiénique, au point de vue *qualitatif*, contre les contaminations microbiennes, exigent, maintenant, que l'on s'inquiète sérieusement de la question *quantitative*, c'est-à-dire de leur diminution évidente et même de leur disparition, qui se réalisent avec une rapidité jusqu'à présent non soupçonnée.

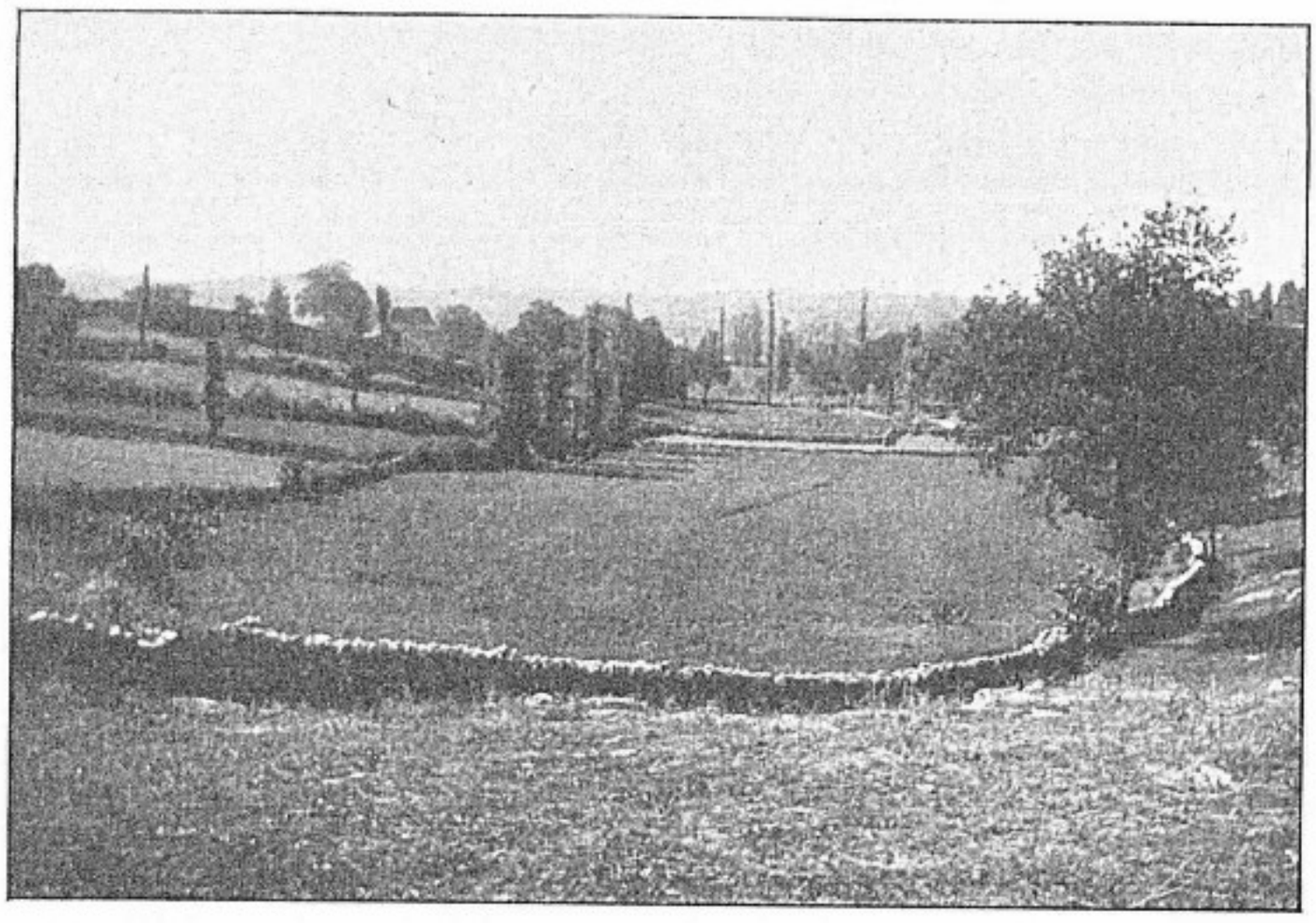


FIG. 9. — VALLÉE DESSÉCHÉE EN AMONT DU GOUFFRE DE PADIRAC (LOT) ET POINT D'ABSORPTION DU RUISSEAU ACTUEL.

Voici bientôt dix ans (*Les Abîmes*, 1894, p. 186 et 555) que j'ai, pour la première fois, signalé cette rapidité, cette actualité et ce danger de la *réduction des eaux de surface*[1]. On vient de voir combien la multiplication des faits observés a justifié le bien fondé des craintes alors et ainsi exprimées.

Il est donc grand temps d'entreprendre cette *guerre de la soif* qui peut seule enrayer les progrès du mal ; pour la soutenir nous avons deux armes efficaces : le *reboisement* et le développement méthodique et général des recherches et explorations d'hydrologie souterraine.

E.-A. MARTEL.

(*A suivre.*)

1. Voir aussi *Comptes rendus des séances de la Société géologique de France*, 21 février 1896, p. XXXV.

TÉLÉGRAPHIE

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. ÉTAT ACTUEL ET AVENIR.

(Suite; voir le n° 4.)

Il y aurait évidemment avantage à avoir une antenne réceptrice disposée de telle sorte que le mouvement vibratoire qu'elle peut prendre soit de même période que celui de la transmission, c'est-à-dire à l'unisson de la note principale transmise; le renforcement serait considérable, bien que les oscillations soient très amorties.

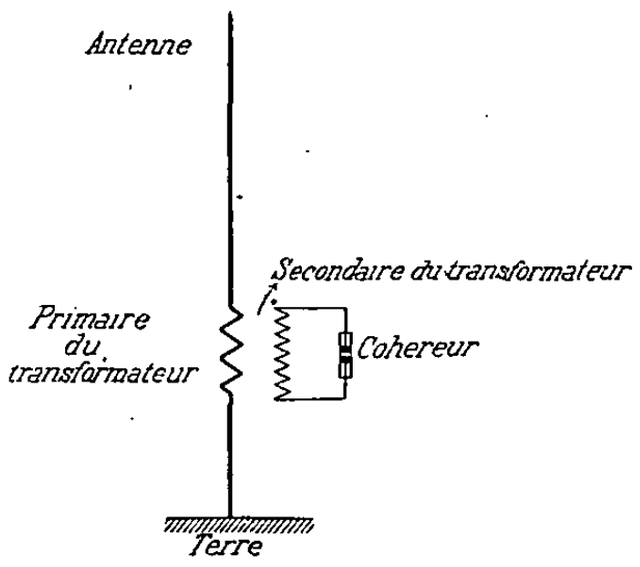


FIG. 1. — ANTENNE RÉCEPTRICE ACCORDÉE SUR LE TRANSMETTEUR.

On est arrivé à réaliser autant que possible cet accord en reliant directement l'antenne de réception à la terre, à travers le primaire d'un petit transformateur, dont le secondaire est disposé de manière à agir sur le cohéreur (fig. 1). Le primaire étant très court (1 ou 2 mètres) l'antenne réceptrice ainsi constituée entre en vibration de la même manière que l'antenne radiatrice, puisqu'elle est, comme elle, isolée à une extrémité et mise à la terre à l'autre extrémité. L'accord cherché se trouve ainsi réalisé. Mais pour que les oscillations de l'antenne réceptrice induisent dans le secondaire des nouvelles oscillations d'énergie maximum, il faut encore accorder ce secondaire. On arrive à ce résultat par tâtonnements en faisant varier sa longueur.

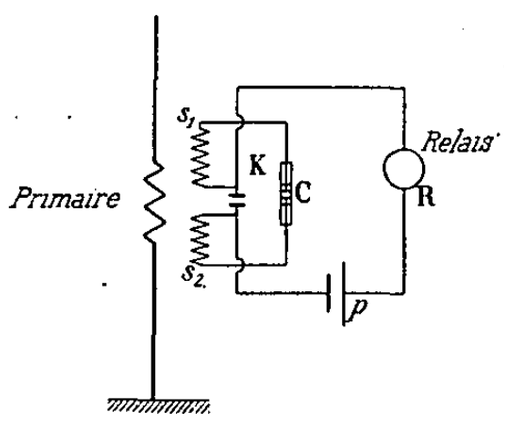


FIG. 2. — RÉCEPTEUR ACCORDÉ SUR LE TRANSMETTEUR.

M. Marconi, qui a le premier employé ce montage, s'est arrêté, après plusieurs modifications, au dispositif suivant :

Le secondaire est coupé en 2 parties égales s_1, s_2, les fils intérieurs étant reliés par un condensateur K et en communication avec le circuit du relais, et les fils extérieurs étant connectés au cohéreur. On a fait abstraction, dans la figure 2, du tapeur et du Morse.

Ce montage donne de meilleurs résultats que le premier décrit et représenté (fig. 1), les distances auxquelles il est possible de communiquer sont plus que doublées.

En employant des antennes d'une hauteur de 50 mètres, on peut communiquer sans difficulté à des distances supérieures à 200 kilomètres. On a remarqué, sans l'expliquer d'une manière satisfaisante, que les distances de communication croissaient à peu près proportionnellement au carré des hauteurs d'antenne, toutes choses égales d'ailleurs.

Difficultés et solutions proposées.

Le *franchissement* d'une distance de 200 kilomètres, qui a été obtenu tout d'abord par M. Marconi en Angleterre et en Italie, puis par le Service de la Télégraphie militaire en France et par M. Slaby en Allemagne, a permis de réaliser aussitôt quelques applications pratiques. Mais on a bientôt reconnu que la télégraphie sans fil présentait un certain nombre d'inconvénients qui s'opposaient à ce qu'elle devienne un moyen de communication comparable à la télégraphie avec fil, et la forçaient à n'être employée que quand les autres télégraphies ne pouvaient l'être.

Les principaux inconvénients sont les suivants :

Lenteur des communications.

Impossibilité absolue de recevoir et transmettre simultanément dans un même poste.

Impossibilité pratique de recevoir 2 télégrammes en même temps.

Complication et délicatesse des appareils employés.

Insécurité des communications.

Ce dernier inconvénient est le plus grave : tout récepteur placé dans le voisinage d'un poste occupé à transmettre, peut recevoir les

télégrammes émis par ce dernier. De plus, un transmetteur placé entre deux postes communiquant entre eux peut les empêcher de faire tout service en transmettant des signaux quelconques qui viendront se mélanger aux signaux Morse et en rendre la lecture impossible. Enfin les phénomènes électriques naturels ont une influence considérable sur les appareils récepteurs et il est arrivé fréquemment que la communication est interrompue de ce fait pendant des journées entières.

Toutefois, on conçoit qu'il y ait des cas où la télégraphie sans fil puisse rendre de grands serservices, à la marine, aux colonies, à la guerre, etc. Aussi a-t-on cherché à diminuer ces inconvénients. En particulier, de nombreuses tentatives ont été faites pour accorder, d'une manière plus efficace, la réception et la transmission.

L'accord réalisé par les dispositifs décrits ci-dessus ne peut être qu'imparfait par suite de l'amortissement très rapide des oscillations produites à la transmission ; il ne pourrait devenir réel que si l'on transmettait des oscillations entretenues de période pure, car on pourrait alors établir une résonance électrique analogue à la résonance acoustique. Mais l'on n'est encore parvenu qu'à diminuer un peu cet amortissement et à obtenir des oscillations plus régulières.

M. Braun a proposé, dans ce but, de remplacer le condensateur, formé par l'antenne et la terre, par des bouteilles de Leyde, et d'exciter l'antenne par induction. M. Marconi a obtenu par ce moyen de bons résultats, les appareils étant groupés de la manière suivante :

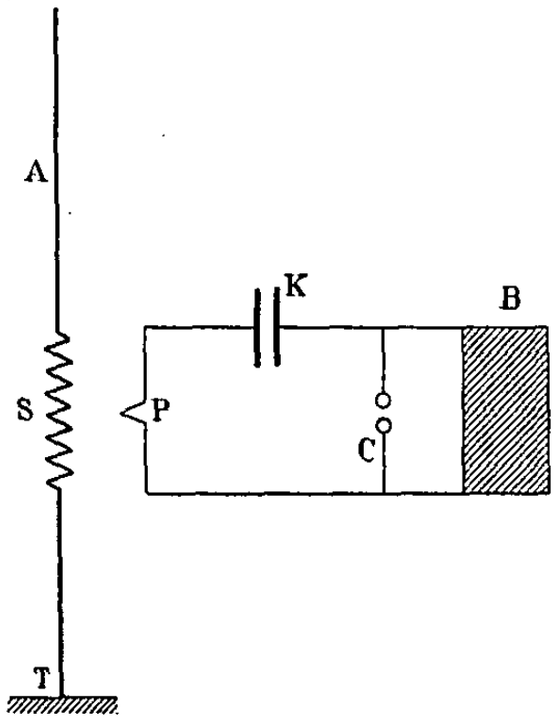


FIG. 3. — DISPOSITIF DE BRAUN (Transmission).

Les 2 armatures du condensateur K (fig. 3), formé d'un certain nombre de bouteilles de Leyde, sont réunies aux 2 pôles du secondaire de la bobine d'induction B, l'une directement, l'autre par l'intermédiaire du primaire P d'un transformateur genre d'Arsonval. De plus un oscillateur C est également placé en dérivation aux pôles du secondaire de la bobine B. Le secondaire S du transformateur d'Arsonval est relié d'une part à l'antenne A, d'autre part à la terre T.

Le circuit fermé, comprenant le condensateur, l'oscillateur et le primaire du transformateur, est parfaitement déterminé et les oscillations qui y prennent naissance sont de période pure et leur amortissement est moins considérable que dans l'ancien montage, la surface rayonnante étant moindre. Ces oscillations induisent d'autres oscillations dans le secondaire du transformateur, et l'antenne entre en vibrations.

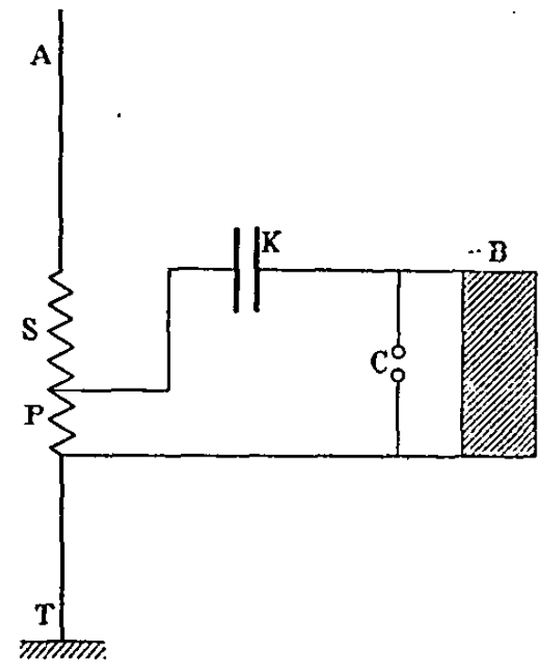


FIG. 4. — DISPOSITIF DE SLABY (Transmission).

Pour avoir un rendement maximum, il est nécessaire d'accorder les circuits du condensateur et de l'antenne. On arrive à ce résultat par tâtonnements en faisant varier le condensateur K et le nombre de tours de fil du transformateur.

Le récepteur décrit plus haut (fig. 3) n'a besoin d'aucune modification pour être employé avec ce montage de transmission.

M. Slaby emploie un dispositif un peu différent (fig. 4) : le transformateur est du type Oudin, à un seul circuit, au lieu d'être du type d'Arsonval à 2 circuits. Les détails de montage n'offrent aucune particularité intéressante. Il en est de même pour le récepteur (fig. 5).

Les distances de communication obtenues avec ces montages, dits *syntonisés*, ne sont pas très supérieures à celles que l'on avait pu réaliser avec l'ancien montage, dit *à étincelle directe*, mais l'insécurité a été un peu diminuée : un appareil récepteur non accordé ne peut surprendre les télégrammes transmis qu'à une distance égale environ à la moitié de celle à laquelle il pourrait les recevoir si la transmission était faite à étincelle directe. Mais en revanche il lui est assez facile de s'accorder sur la nouvelle transmission.

La distance de 200 à 300 kilomètres, que l'on peut aisément franchir avec l'un quelconque des montages décrits et une antenne de 50 mètres

de hauteur, est la limite de ce qu'on peut obtenir en demandant l'énergie électrique nécessaire à une bobine d'induction. On ne peut en effet employer pratiquement des bobines de plus de 0 m. 50 d'étincelle, et alors la quantité d'énergie utilisable ne dépasse guère 200 à 400 watts, c'est-à-dire un demi-cheval environ.

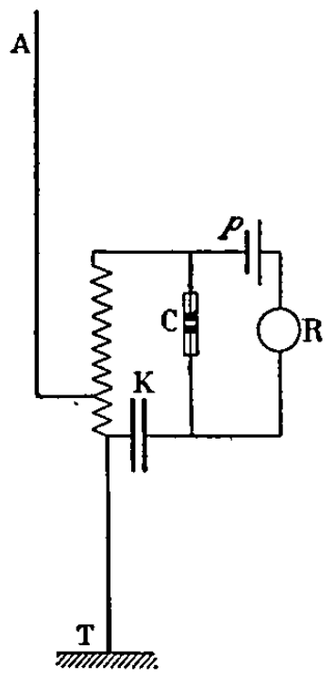


FIG. 5. — RÉCEPTEUR SLABY.

Pour augmenter les distances franchies, il faut évidemment accroître l'énergie utilisée et par suite employer un appareil autre que la bobine d'induction ; on a alors songé à faire usage de transformateurs industriels à haute tension. On peut ainsi utiliser une puissance de 100 chevaux, mais il est alors nécessaire d'augmenter considérablement la surface et la capacité des antennes. M. Marconi a construit dans ce cas des antennes de 60 mètres de hauteur, dont la projection horizontale a près de 4000 mètres carrés. La capacité des antennes étant un des facteurs de leur période d'oscillations, il en résulte que l'on est amené à produire des ondes hertziennes de très grande longueur d'onde.

L'emploi d'énergies si considérables dans certains postes présente un inconvénient sérieux, car il devient impossible de faire usage de stations ordinaires de télégraphie sans fil dans une zone considérable autour de ces usines hertziennes. Cette zone est toutefois un peu moins étendue qu'on ne pourrait le craindre, car la longueur d'onde employée, beaucoup plus grande que celle des stations ordinaires, diminue les effets du phénomène de la résonance multiple.

❧

Réglementation.

En résumé, la télégraphie sans fil ne peut être employée, en l'état actuel des choses, sans de grandes précautions. Il est nécessaire qu'une réglementation sévère dirige son emploi dans tous les cas, de manière que les diverses stations ne puissent se gêner réciproquement. C'est dans ce but que l'on a créé en France une Commission interministérielle, chargée d'élaborer un règlement et de fixer les points où pourront être installées les stations nécessaires aux différents services, et qu'une conférence internationale doit se réunir incessamment à Berlin pour fixer les limites dans lesquelles chaque État pourra faire usage du nouveau moyen de communications sur ses frontières maritimes. Il convient d'attendre le résultat de tous ces travaux pour juger complètement du parti que les services publics peuvent tirer, actuellement, de la télégraphie sans fil par ondes hertziennes.

G. FERRIÉ.

Tribune libre d'Enseignement expérimental.

Expérience sur le pouvoir absorbant pour la chaleur.

Quand un rayonnement calorifique tombe sur un corps, la proportion de chaleur absorbée n'est pas la même suivant la nature de la surface qui reçoit le rayonnement.

L'expérience suivante démontre cette inégalité dans le cas d'un métal dont la surface est polie N ou recouverte de noir de fumée B (fig. 1).

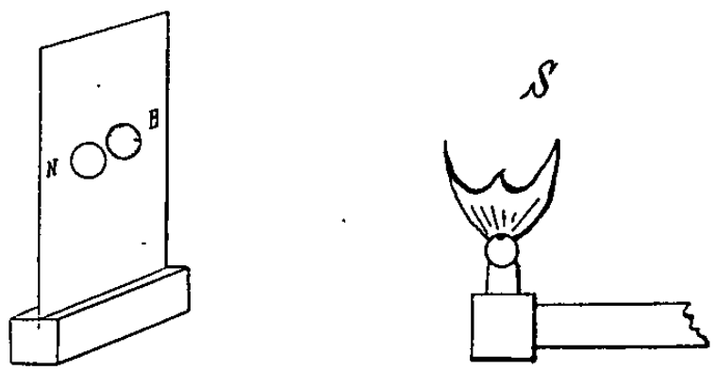


FIG. 1. — POUVOIR ABSORBANT POUR LA CHALEUR.

Deux pièces d'un franc, assez usées pour les pouvoir considérer comme planes, sont fixées, au moyen de suif, l'une près de l'autre et à la même hauteur, sur une planchette disposée verticalement. La couche de suif étant appliquée sur la planchette, les pièces sont pressées contre elle pour que le suif entre bien en contact avec toute leur surface et le bourrelet formé autour d'elles est enlevé. Il se produit ainsi deux couches bien uniformes supportant les pièces.

Devant elles, à une certaine distance, est placée une source calorifique, une lampe à gaz par exemple, dans une position où elle est équidistante des deux pièces. Dans ces conditions, celles-ci reçoivent des rayonnements de chaleur égaux. La pièce noircie se détachant la première, il en résulte que le pouvoir absorbant du noir de fumée pour la chaleur est plus grand que celui de la surface métallique polie.

❧

Expérience sur le pouvoir émissif calorifique.

Les quantités de chaleur émises à une température déterminée par une source varient avec la nature des surfaces rayonnantes et dans le même sens que leurs pouvoirs absorbants. Cette inégalité est mise en évidence par l'expérience suivante dans le cas de deux surfaces

métalliques, l'une polie, l'autre recouverte de noir de fumée.

La source de chaleur (fig. 2) est constituée par une boîte cylindrique de fer-blanc AB de quelques centimètres de diamètre, comme il est facile d'en trouver dans le commerce. Le couvercle est soudé à la boîte dont l'une des

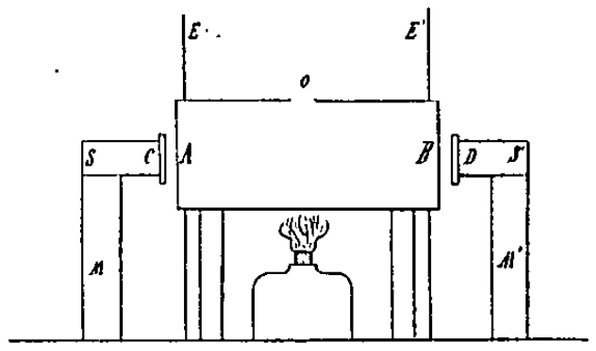


FIG. 2. — POUVOIR ÉMISSIF CALORIFIQUE.

bases est recouverte de noir de fumée et l'autre polie. Une ouverture latérale est pratiquée en O par laquelle la boîte, placée horizontalement, est remplie d'eau maintenue en ébullition par une lampe à alcool. Deux pièces d'un sou C et D, recouvertes de noir de fumée pour augmenter leur pouvoir absorbant, sont fixées verticalement au moyen de suif, de la manière donnée plus haut, contre des support S et S'. Ceux-ci peuvent glisser horizontalement sur deux montants M et M'. Ces derniers seront, par exemple, deux blocs de bois sur lesquels glisseront des bouchons auxquels on aura donné une face plane (entaille). Au moyen des supports S et S', les pièces sont amenées en regard des bases de la boîte, parallèlement et à la même distance. Les surfaces absorbantes se trouvant ainsi dans des conditions identiques, on voit la pièce vis-à-vis de la base noircie se détacher la première, ce qui démontre que le rayonnement par le noir de fumée est plus considérable que par le métal poli. La distance des pièces au cylindre étant de quelques millimètres seulement, il est difficile de loin de les voir se détacher; pour rendre cependant le résultat manifeste, les pièces S et S' qui supportent les sous sont disposées en saillie sur les montants, de sorte qu'on entend tomber la pièce qui se détache.

Pour empêcher toute chaleur provenant de la lampe ou de la vapeur qui se dégage d'arriver aux surfaces absorbantes, deux écrans en carton E et E' sont disposés exactement sur la boîte vers ses bases.

Ces deux expériences si démonstratives et si simplement ingénieuses nous ont été *communiquées par* M. J. WUND, *professeur au collège Chaptal.*

Moyen pratique et simple d'obtenir du phosphore en bâtons de différents diamètres, de le séparer des matières étrangères et d'utiliser les vieux débris.

Assez souvent, dans les laboratoires, on a besoin de faire fondre le phosphore ancien, de le couler, afin de lui rendre sa couleur ambrée.

Cette opération ne se fait ni sans difficulté, ni sans danger même avec les appareils construits à cet effet.

On a bien indiqué l'usage de la trompe ou de l'aspirateur ; on opère de cette façon sans danger, mais le moyen

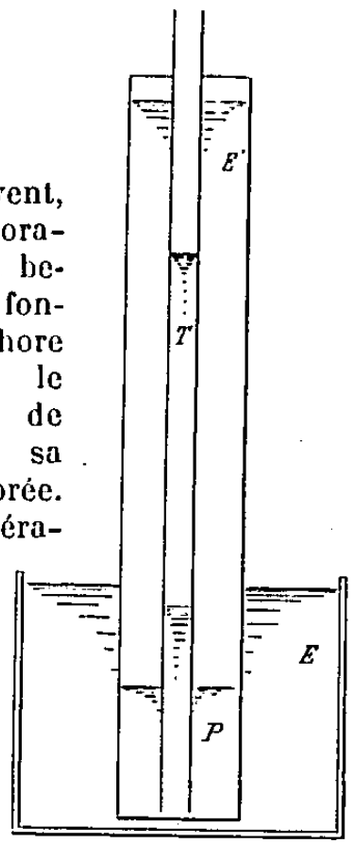


FIG. 3. — PRÉPARATION DE BATONS DE PHOSPHORE.

que je propose me paraît plus pratique, plus économique et plus simple ; il repose sur le principe des vases communicants (fig. 3).

On prend une éprouvette à pied (ou un tube de forme analogue) au fond de laquelle on place le phosphore et une petite quantité d'eau : un demi-centimètre environ au-dessus des morceaux de phosphore. Cette éprouvette est placée dans un vase plus large, on y verse de l'eau à une température suffisante pour faire fondre le phosphore de l'éprouvette centrale. Une fois le phosphore fondu, il suffit de placer un ou plusieurs tubes de verre du calibre choisi dans cette éprouvette, le phosphore sera dans ce ou ces tubes sur le même plan horizontal que dans l'éprouvette et recouvert d'une petite couche d'eau. On verse alors de l'eau tiède dans cette éprouvette ; le phosphore s'élève dans le tube à des hauteurs qui dépendent de la quantité d'eau versée dans l'éprouvette (principe des vases communicants avec liquides de densités différentes). Il n'y a plus qu'à laisser refroidir naturellement ou y verser de l'eau froide.

Si on préfère verser l'eau en E au début on plongera le tube T en ayant soin d'en fermer l'orifice supérieur avec le doigt que l'on retirera ensuite.

Le phosphore se retire facilement des tubes, il suffit de les secouer légèrement ou d'introduire à l'intérieur une petite tige de verre ou de métal et de pousser doucement le phosphore. On obtient ainsi des bâtons de phosphore d'une belle couleur ambrée.

Communiqué par M. BIRHANS,
Préparateur au lycée Henri IV.

Tourniquet hydraulique.

La plupart des tourniquets hydrauliques sont d'une construction pénible grâce au système de suspension souvent compliqué ou difficile à réaliser.

Voici le modèle inédit que je fais construire par mes élèves pendant leurs séances de manipulations (fig. 4).

L'appareil se compose comme récipient d'un verre de lampe fermé à sa partie inférieure par un bouchon traversé par 2 tubes recourbés à la façon ordinaire.

En outre, par le milieu du bouchon passe un troisième tube fermé à sa partie supérieure (un tube à essais étroit, p. ex). C'est dans ce tube que s'engage une grosse aiguille à tricoter formant pivot, et qui est fixée dans le bouchon d'un flacon plat rempli de grenaille de plomb. L'appareil fonctionne très bien. Sa construction est facile et on peut aisément verser de l'eau à mesure qu'elle s'épuise dans le récipient.

Communiqué par
M. E. VUILLET,
Professeur à l'École normale de Grenoble.

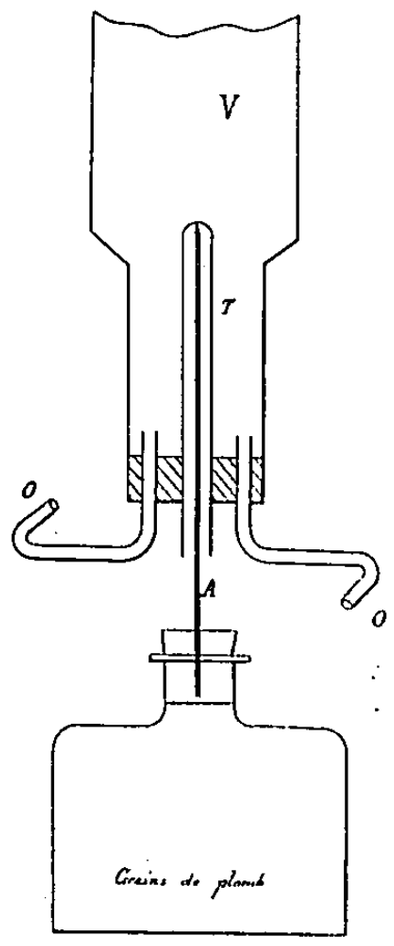


FIG. 4. — TOURNIQUET.

Il est bon de faire l'expérience du tourniquet, en ouvrant d'abord une seule branche — l'autre est alors fermée par une petite boulette de cire — puis toutes deux. On peut ainsi illustrer avec profit ce qu'il faut entendre par moment d'une force par rapport à un axe, par moment d'un couplet, par moment de même signe, etc. Répéter l'expérience en opposant les actions en 0 et 0'.

G. M.

Revue critique des Travaux scientifiques.

ZOOLOGIE

Résultats des campagnes scientifiques du « Travailleur » et du « Talisman ».

Les richesses zoologiques qui ont été rapportées des grandes profondeurs de l'Atlantique, au cours des voyages d'exploration des deux bateaux français, le *Travailleur* (1880-1882) et le *Talisman* (1883), ont été confiées à l'étude de spécialistes chargés de les déterminer et de les faire connaître en détail. Les résultats des études, longues et pénibles, sont publiés successivement, bien lentement, hélas! à cause de la pénurie des crédits mis à la disposition de la commission.

Les groupes étudiés jusqu'à ce jour sont : les Poissons par M H.-L. Vaillant; les Brachiopodes par MM. P. Fischer et D.-P. Œhlert; les Stellérides par M. Edm. Perrier; les Mollusques testacés, 2 vol., par M. Arnould Locard; les Crustacés décapodes (Brachyoures et Anomoures) par MM. Alph. Milne-Edwards et Bouvier.

Le septième volume vient de paraître. Il renferme quatre mémoires :

Les **Cirripèdes Thoraciques**, par M. Gruvel, les **Némertes**, par M. Joubin, les **Mollusques Opisthobranches**, par M. Vayssière, et les **Holothuries**, par M. Rémy Perrier.

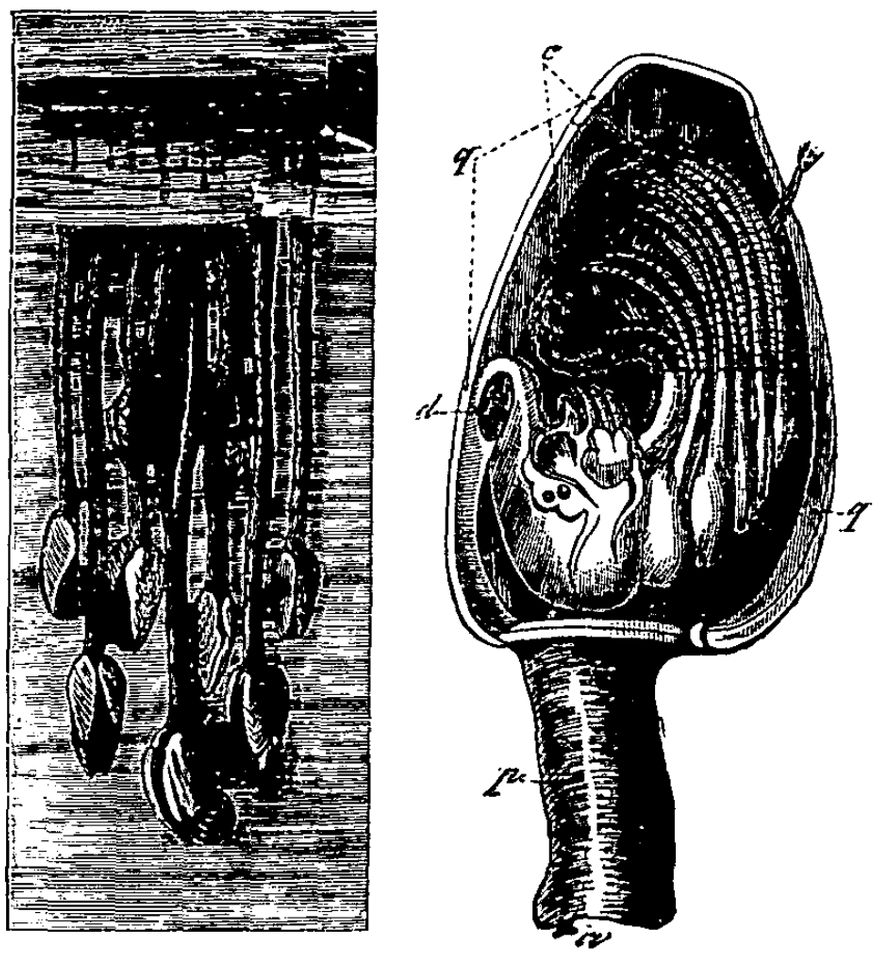


FIG. 1. — ANATIFE (*Lepas anatifera*), A GAUCHE, UNE TOUFFE D'ANATIFES VUE EN PLAGE; A DROITE, UNE ANATIFE DONT LA VALVE GAUCHE A ÉTÉ ENLEVÉE.

p pédoncule; *q*, carapace; *d*, muscle fermant les valves de la carapace; *c*, cirres dont les mouvements déterminent des courants d'eau qui apportent oxygène et aliment; *a*, antennes servant à la fixation.

Nous ne dirons qu'un mot des Cirripèdes; nous parlerons surtout des Holothuries, beaucoup mieux représentées dans la faune abyssale que les autres groupes.

Les **Cirripèdes** ont fourni 28 espèces, dont 16 sont nouvelles pour la science.

On sait que les Cirripèdes sont des Crustacés aberrants, qui vivent fixés aux corps étrangers ou sont parasites sur d'autres Crustacés; leurs représentants les plus connus sont les Anatifes (fig. 1), dont le corps, entouré d'une carapace bivalve que soutiennent des plaques calcaires, est porté au sommet d'un long pédoncule; elles se fixent par touffes plus ou moins nombreuses aux bois immergés, aux planches flottantes, à la coque des bateaux, etc. Dans le même groupe se placent les Balanes, qui se fixent

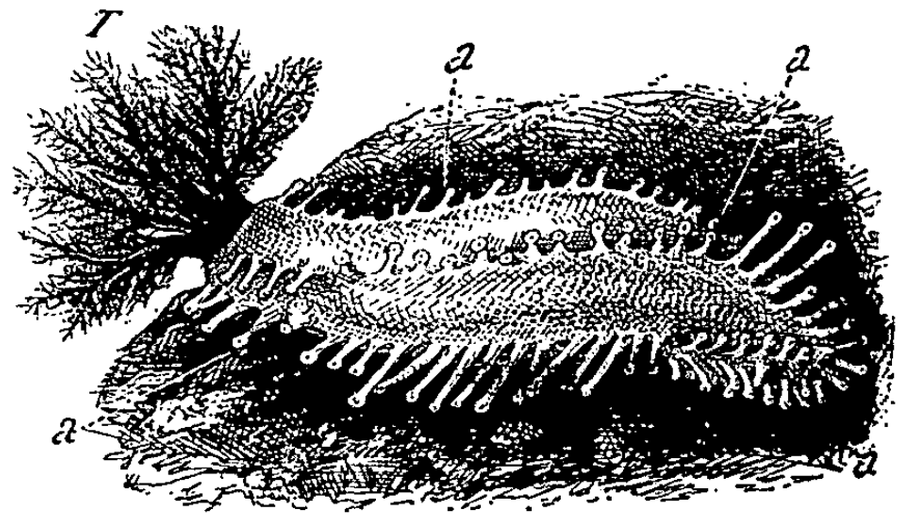


FIG. 2 — HOLOTHURIE TYPIQUE, RAMPANT.

a, pieds ambulacraires; *T*, tentacules buccaux.

directement aux rochers sans l'intermédiaire d'un pédoncule.

L'étude des **Holothuries** m'a été confiée. Ce groupe est très richement représenté dans les eaux profondes. Le nombre des individus rapportés par les expéditions s'élevait à 630 environ, qui se répartissent en 46 espèces, dont 28 sont nouvelles.

Les Holothuries abyssales portent l'empreinte d'une adaptation toute spéciale, qui a déterminé des modifications telles que, à quelques exceptions près, la classification du groupe, bien que fondée exclusivement sur les caractères anatomiques, donne d'une façon presque rigoureuse la distribution bathymétrique. Certains groupes sont presque exclusivement abyssaux, d'autres à peu près entièrement littoraux.

Le caractère qui domine la morphologie de la plupart des Holothuries abyssales est la formation d'une *face ventrale*, aplatie à l'état d'une sole plane, sur laquelle rampe l'animal et très différente de la face dorsale.

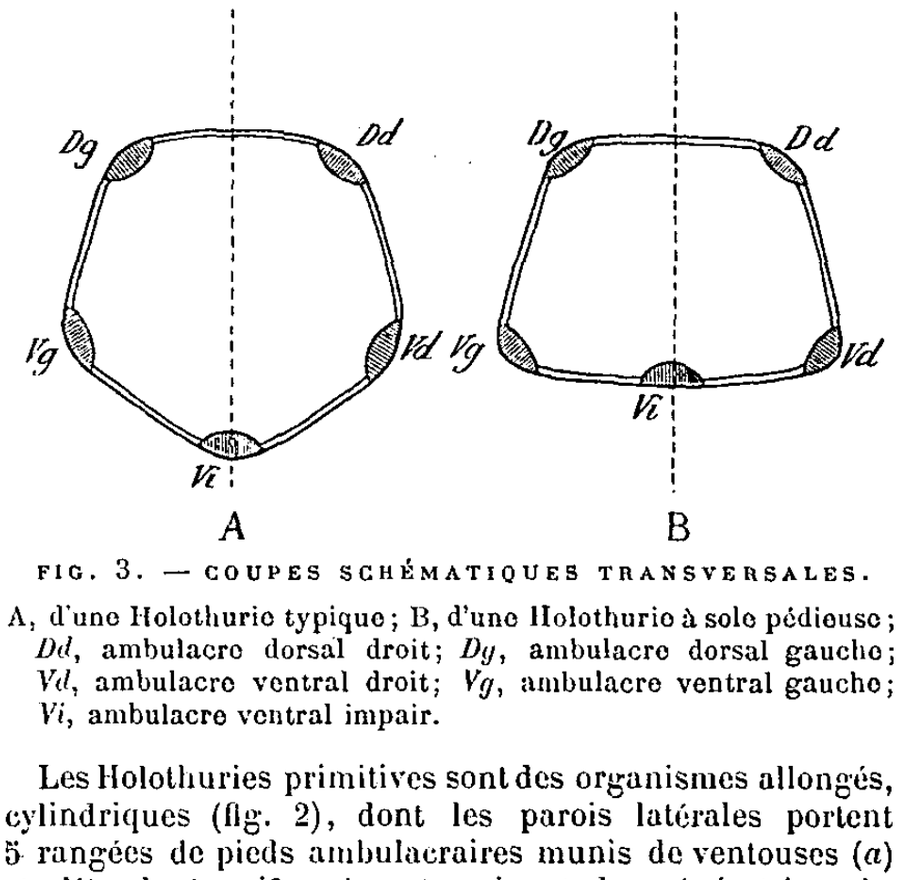


FIG. 3. — COUPES SCHÉMATIQUES TRANSVERSALES.

A, d'une Holothurie typique; B, d'une Holothurie à sole pédieuse; *Dd*, ambulacre dorsal droit; *Dg*, ambulacre dorsal gauche; *Vd*, ambulacre ventral droit; *Vg*, ambulacre ventral gauche; *Vi*, ambulacre ventral impair.

Les Holothuries primitives sont des organismes allongés, cylindriques (fig. 2), dont les parois latérales portent 5 rangées de pieds ambulacraires munis de ventouses (*a*) et s'étendant uniformément, suivant des génératrices du cylindre, de la bouche à l'anus, placés respectivement à l'une et à l'autre extrémité du cylindre.

Ces rangées de pieds ambulacraires, ou *ambulacres*, sont toutes absolument identiques; tous ces appendices

peuvent également servir à la locomotion, et d'ailleurs, la plupart de ces Holothuries primitives, vivant dans les fentes des rochers, peuvent simultanément faire usage des pieds ambulacraires situés dans des ambulacres différents.

Rien dans tous les cas ne permet de distinguer une face dorsale et une face ventrale, et une section transversale du corps de l'animal présenterait la forme d'un pentagone (fig. 3, A); seul, l'orifice génital, unique, altère cette symétrie rayonnée; il vient s'ouvrir entre deux rangées de pieds ambulacraires que, par définition, on appelle

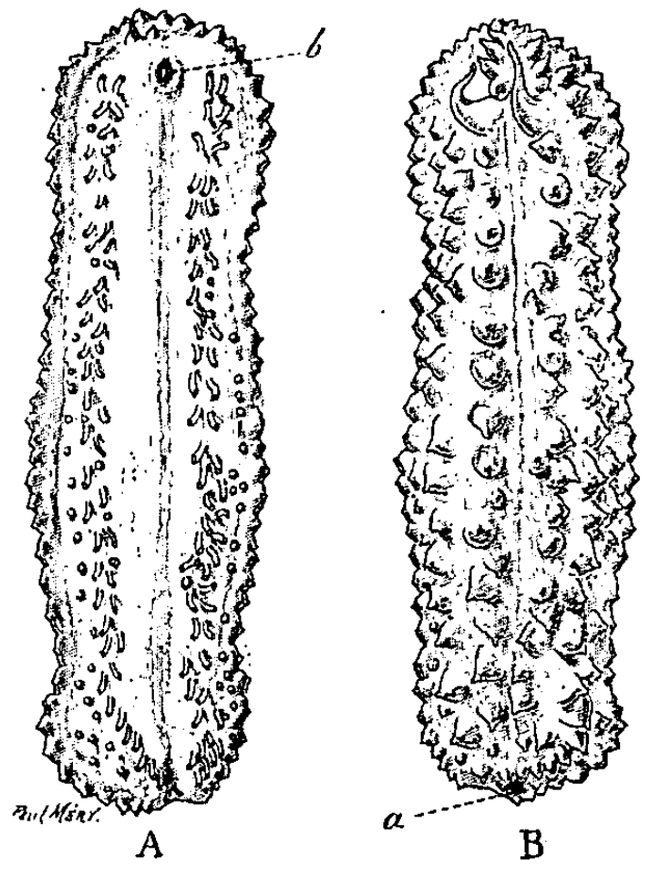


FIG. 4. — *Bathyplotes reptens*, R. PERRIER.
A, face ventrale; B, face dorsale.

ambulacres dorsaux, les trois autres étant les *ambulacres ventraux*. La plupart des Holothuries se meuvent d'ailleurs, habituellement, en tournant vers le sol ces trois ambulacres. Mais, en raison même de cette spécialisation, on conçoit facilement qu'une différenciation va s'établir entre la partie sur laquelle se meut l'animal (partie qui, en raison des trois ambulacres qu'elle porte, a reçu le nom de *trivium*) et la partie tournée vers le haut, ou *bivium*.

Le trivium va s'aplatir, tandis que le bivium deviendra plus convexe; la section du corps prendra l'aspect de la figure 3, B; les pieds ambulacraires des deux parties deviendront de plus en plus différents, ceux des ambulacres ventraux accentuant leurs caractères de pieds locomoteurs, ceux du bivium tendant à devenir des papilles non locomotrices, par l'atrophie de leurs ventouses terminales.

Certaines formes littorales marquent une tendance très manifeste à une semblable différenciation, qui peut même dans certaines *espèces* (*Psolus*) devenir absolument complète; mais elle est la règle presque constante pour les formes abyssales. Ces dernières viennent pour la plupart se ranger dans les quatre familles des *Synallactidés*, des *Deimatidés*, des *Elpidiidés* et des *Psychropotidés*, dont les représentants n'abordent que très exceptionnellement la zone littorale. La face ventrale, large et plate, est en effet éminement propre à la reptation sur la couche uniforme de vase qui tapisse le fond des abîmes de la mer.

La bouche a cessé d'être terminale; ou bien elle est ramenée vers le bas, par une flexion de l'extrémité antérieure du corps (fig. 5, A); ou bien plus simplement elle s'est déplacée elle-même, de façon à s'ouvrir directement sur la face ventrale (fig. 4, A.). Elle repose ainsi directement sur la vase dont l'animal ingurgite constamment des masses considérables, pour se nourrir, à la façon des Vers de terre, aux dépens des maigres résidus organiques que renferme cette vase.

Les appendices ambulacraires du trivium conservent la forme de pieds; mais ils peuvent parfois s'atrophier plus ou moins, la locomotion étant suffisamment assurée par les mouvements musculaires de la sole elle-même, mouvements analogues à ceux de la sole pédieuse d'une Limace.

Quant aux appendices dorsaux, ils cessent d'être des

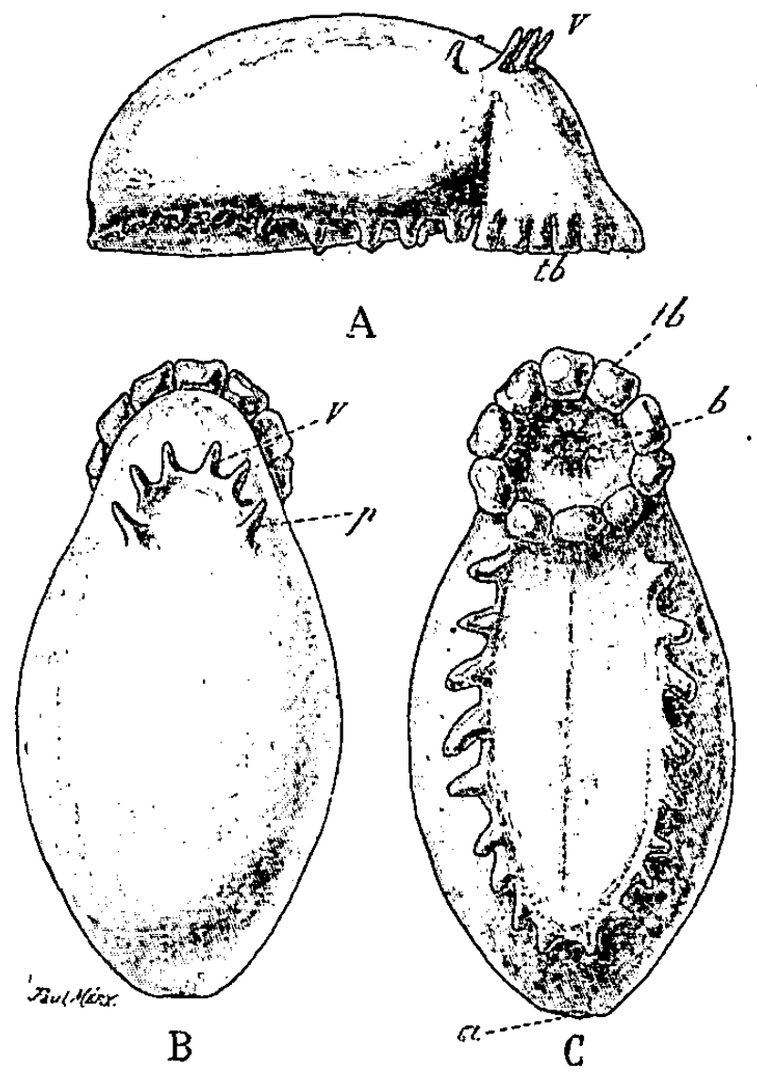


FIG. 5. — *Peniagone porcellus*, R. PERRIER.
A, vue de profil; B, face dorsale; C, face ventrale : — *b*, bouche; *tb*, tentacules buccaux; *V*, voile dorsal formé par la soudure de 4 papilles dorsales; *p*, petites papilles dorsales libres.

pieds locomoteurs, ils se transforment en papilles dont le rôle est mal connu et semble d'ailleurs devoir être différent suivant les espèces; le plus souvent ils disparaissent plus ou moins complètement, ou se transforment en lobes d'aspect plus ou moins bizarre. Les figures 6 à 9

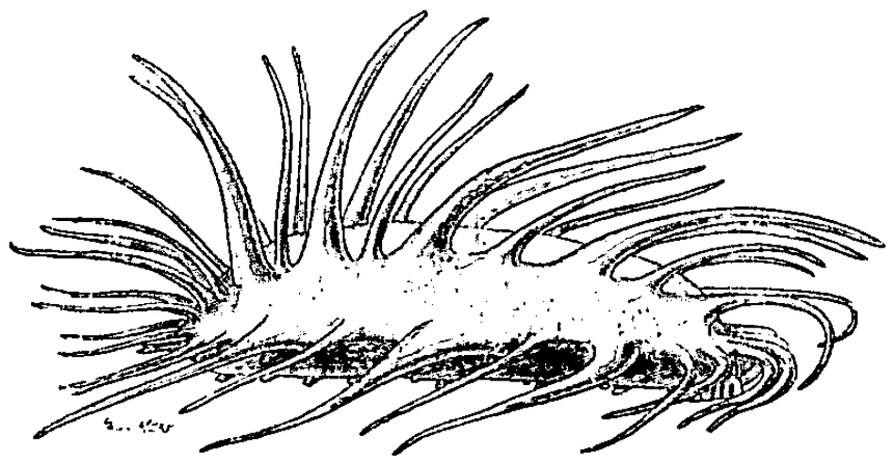


FIG. 6. — *Oneirophanta alternata*, R. PERRIER.

donnent une idée de la forme curieuse qu'affectent ces étranges animaux.

Le corps des Holothuries peut subir des modifications encore plus curieuses, modifications en rapport avec la vie arénicole ou limicole, et qui conduisent à des formes bien différentes des précédentes. Au lieu de ramper sur la vase, quelques Holothuries ont une tendance à s'immobiliser, et à s'enfouir dans la vase; mais, pour vivre, elles doivent tenir au-dessus de la surface leur bouche et leur anus, de façon à éviter l'envasement de ces orifices; elles se recourbent donc en forme d'U, en relevant vers le haut

les deux extrémités de leur corps, qui forment ainsi deux cheminées parallèles.

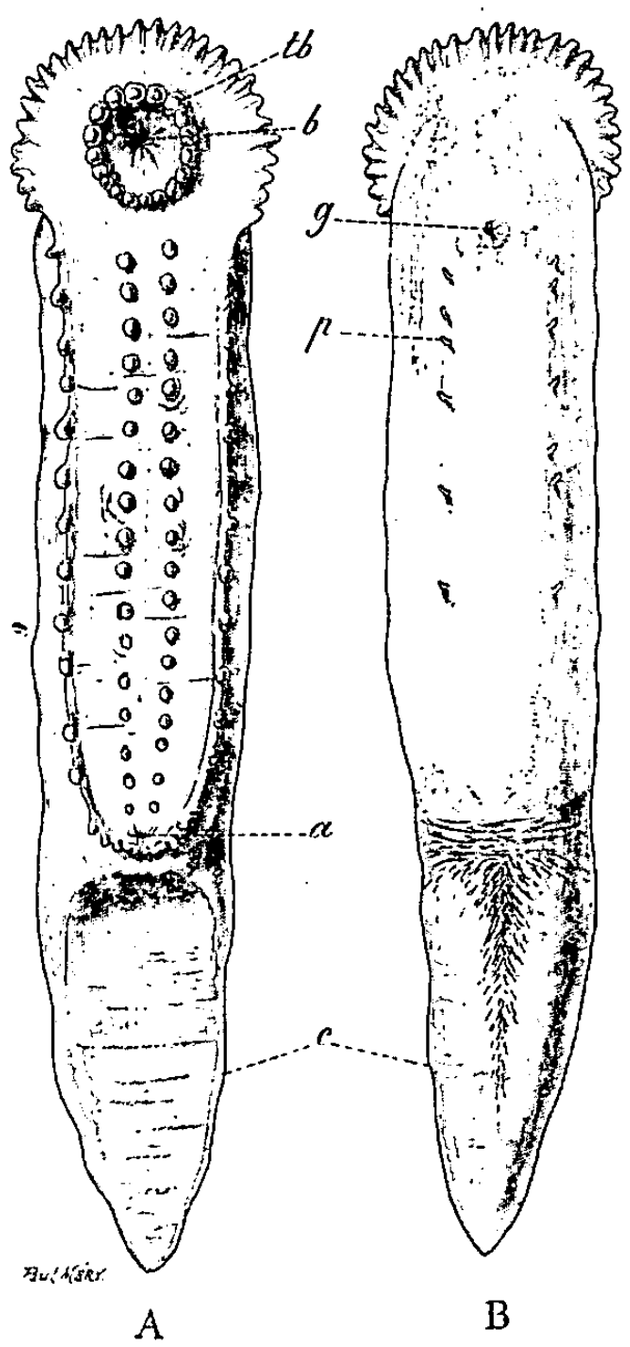


FIG. 7. — *Psychropotes buglossa*, EDM. ET R. PERRIER.

A, face ventrale; B, face dorsale; *b*, bouche; *tb*, tentacules buccaux; *a*, anus; *c*, appendice caudal, normalement relevé en haut; *p*, papilles dorsales.

Dans certaines Holothuries littorales la forme d'U arrive à se fixer de façon permanente; la figure 8 représente

FIG. 8. — *Cucumaria incurvata*, EDM. ET R. PERRIER.
a, anus *b*, bouche.

une espèce ainsi modifiée, espèce nouvelle draguée par le *Talisman*. Mais cette tendance s'exagère beaucoup dans quelques formes abyssales, dont le *Talisman* et le *Travailleur* ont aussi fait connaître quelques spécimens.

Dans les espèces du genre *Ypsilothuria* (fig. 9, *b*), la portion moyenne du corps, qui formait la courbure de l'U, se renfle en une panse volumineuse, sur laquelle viennent s'insérer côte à côte les deux cheminées buccale et anale. Plus rien ne reste de la forme primitivement cylindrique du corps de l'Holothurie, qui a maintenant l'aspect d'une cornemuse; les ambulacres, primitivement rectilignes, sont maintenant tout à fait courbes.

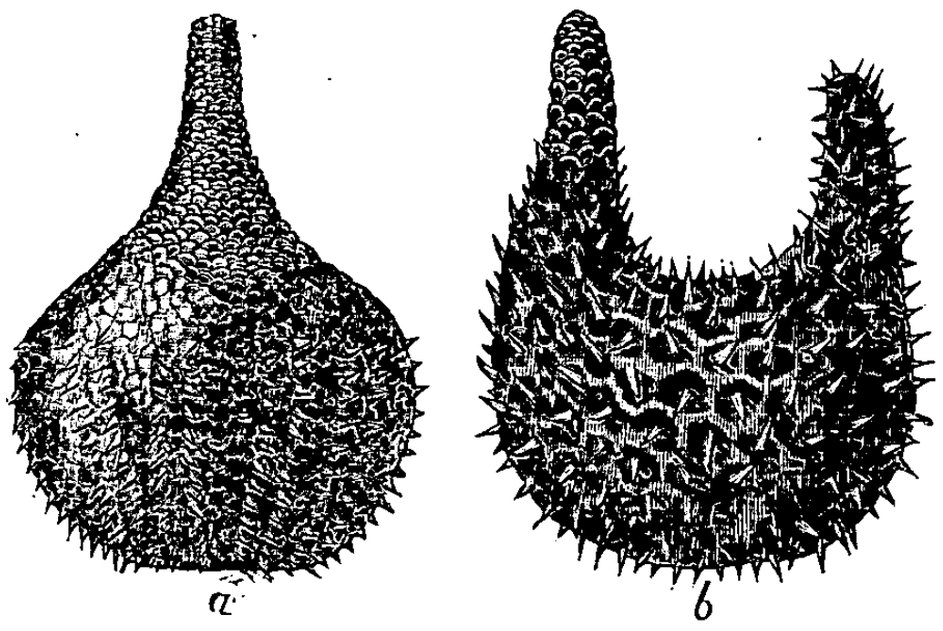


FIG. 9. — HOLOTHURIES RECOURBÉES EN U.
a, *Rhopalodina*; *b*, *Ypsilothuria*.

Il y a plus, ces formes abyssales permettent d'expliquer la disposition réalisée dans une autre Holothurie provenant des côtes du Gabon, et décrite. il y a quelques années, sous le nom de *Rhopalodina* : cette espèce présente l'aspect d'une gourde munie d'un goulot allongé, à l'extrémité duquel viennent s'ouvrir côte à côte la bouche, l'anus et l'orifice génital (fig. 9, *a*).

Supposons que, dans les *Ypsilothuria*, les deux cheminées anale et buccale se rapprochent jusqu'à se confondre, nous arriverons ainsi à la forme caractéristique des *Rhopalodina*, si éloignée en apparence des Holothuries typiques.

Cette histoire des Holothuries nous montre combien est grande la plasticité des formes animales, et l'Anatomie comparée nous montre ici d'une façon tout à fait péremptoire comment, en partant d'une forme initiale donnée, on arrive peu à peu à des formes terminales présentant des types différant à la fois entre eux et de la forme primitive, tant par leur constitution que par leur orientation même.

Le Règne animal présente une multitude de faits du même genre, et les naturalistes qui, non contents d'observer et d'enregistrer les faits, essayent de les interpréter et de les comprendre, sont parfois obligés, pour expliquer l'organisation de certaines formes, d'admettre des transformations autrement compliquées (phénomènes de flexion, de torsion du corps, notamment chez les Mollusques et les Vertébrés), qui ont été longtemps considérées comme inadmissibles, et ne paraissaient être que le résultat des rêveries d'imaginations trop ardentes. Mais la multiplicité des observations, la réalité de pareilles transformations, saisies sur le fait au cours du développement embryogénique des êtres, ont fini par triompher de ces doutes.

L'organisme, réagissant sous l'influence du milieu et du genre de vie, prend des attitudes qui modifient considérablement son orientation normale, et ces attitudes nouvelles, fixées par l'hérédité, déterminent des modifications profondes du plan primitif d'organisation.

REMY PERRIER.

BOTANIQUE

Quelle est l'unité morphologique des plantes vasculaires ?

Les botanistes se sont peu préoccupés jusqu'ici, surtout en ce qui concerne les plantes supérieures, de cette question théorique, qui a joué au contraire un grand rôle dans les discussions zoologiques. On regarde généralement une plante vasculaire comme constituée par trois membres, la racine, la tige et la feuille, et les efforts des anatomistes ont tendu à préciser leurs caractères différentiels plus qu'à mettre en lumière leurs relations.

Si nous laissons de côté la racine, il paraît aisé de distinguer la tige et chacune des feuilles qui en dépendent; la tige est formée de trois régions cellulaires, emboîtées en quelque sorte les unes dans les autres : à l'extérieur l'épiderme, réduit à une assise protectrice, l'écorce, puis le cylindre central ou *stèle*, dans lequel se différencient les tissus vasculaires formés d'un certain nombre de faisceaux libéro-ligneux; ces derniers sont disposés régulièrement et de telle façon que la tige nous apparaît avec une symétrie radiale.

La feuille offre au contraire dans sa structure interne, aussi bien que dans sa forme extérieure, une symétrie bilatérale des plus nettes; en dessous de l'épiderme elle possède encore une écorce, mais au lieu d'un cylindre central unique elle présente, disséminés dans un tissu parenchymateux qu'on assimile à l'écorce de la tige, une série d'îlots vasculaires représentant chacun une portion de stèle, d'où le nom de *méristèles* qu'on leur a donné; chacune de ces méristèles est ordinairement réduite à un seul faisceau libéro-ligneux, entouré d'un parenchyme correspondant à celui qui existe autour des faisceaux du cylindre central de la tige; souvent on peut reconnaître autour d'elles une assise continue, possédant les mêmes caractères spéciaux que l'assise la plus interne de l'écorce de la tige; la présence de cette assise, appelée *endoderme*, autour de chacune des méristèles a achevé de faire considérer ces dernières, entourées de toute part par l'écorce, comme homologues, dans leur ensemble, du cylindre central de la tige.

On a été ainsi amené à regarder, et cela d'une manière surtout implicite, une plante vasculaire comme comprenant, en outre de la racine, un organe axial, ayant une autonomie propre, la tige, et une série d'organes latéraux, les feuilles, qui seraient ainsi des expansions plus ou moins développées de la tige. Dans certaines plantes, telles que l'asperge, les feuilles sont excessivement réduites et la tige devient l'organe essentiel, remplissant à la fois les fonctions que se partagent la tige et les feuilles chez les plantes à feuilles bien développées.

Les travaux récents de MM. G. Bonnier et Flot[1] modifient singulièrement cette façon de comprendre les rapports de la tige et des feuilles. Ces auteurs remarquent tout d'abord que le caractère différentiel tiré de la nature de la symétrie n'est pas absolument général; si on considère par exemple l'entre-nœud terminal d'une tige de Févier, on constate dans la disposition des tissus vasculaires du cylindre central une symétrie latérale des plus nettes, plus évidente que dans beaucoup de pétioles de feuilles; ce n'est que vers le quatrième entre-nœud que se trouve réalisée la symétrie typique de la tige; de même on observe une symétrie par rapport à un seul plan dans certains pédoncules floraux, disposés en ombelle.

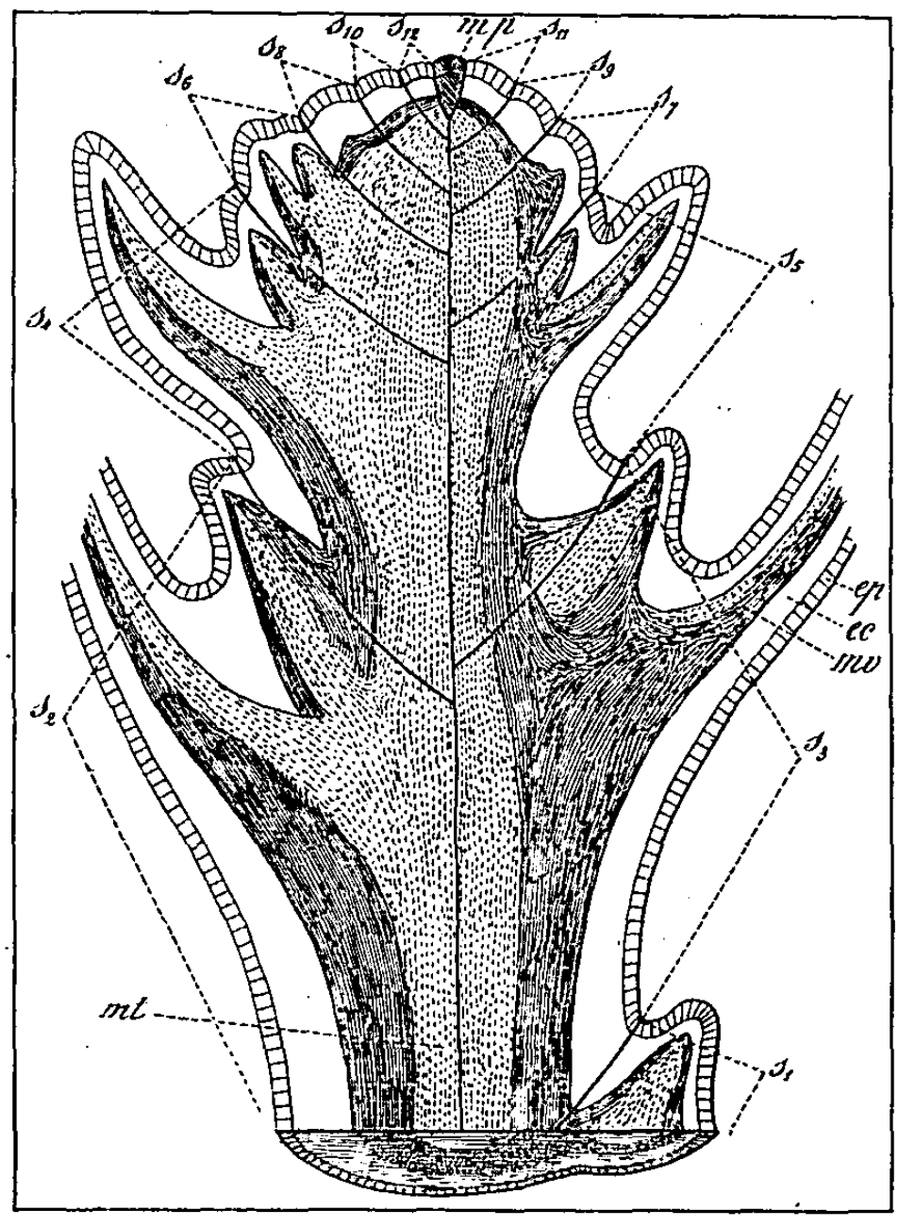


SCHÉMA DES SEGMENTS FOLIAIRES.

S_1, S_2,... S_{12} formant les feuilles dans leur partie supérieure libre, et la tige par la coalescence des régions inférieures; *ep.* épiderme; *ec*, écorce; *mv*, méristème vasculaire; *m*, moelle; *mp*, méristème primitif.

D'autre part les travaux de MM. G. Bonnier et Flot nous amènent à une autre conception de la structure interne de la feuille. Dans une feuille considérée à l'état jeune on distingue, comme dans une tige, trois régions emboîtées les unes dans les autres : l'épiderme, l'écorce et un tissu interne continu, le méristème vasculaire; ce n'est que plus tard que ce méristème vasculaire se différencie par endroits en des îlots vasculaires, réduits ordinairement à un faisceau libéro-ligneux, les cellules du méristème vasculaire qui ne prennent pas part à la formation des éléments conducteurs donnent naissance à un tissu parenchymateux qui est tout à fait semblable histologiquement à celui qui forme l'écorce; ce n'est donc pas du tissu cortical qui se trouve sur les flancs de ce qu'on appelait des méristèles, mais bien un tissu de même origine que les faisceaux eux-mêmes.

Quant à la formation autour de chaque îlot vascu-

1. G. Bonnier, *C. R. Acad. Sc.*, 12 nov. et 31. déc. 1900; Flot, *C. R. Acad. Sc.*, 31 déc. 1900, 23 mars 1903.

laire de cette gaine spéciale que nous avons vue appeler endoderme, elle correspond à une différenciation physiologique semblable à celle qui se produit dans la tige autour du cylindre central; mais, alors que dans la tige c'est l'assise la plus interne de l'écorce qui la constitue dans toute son étendue, elle a dans la feuille une double origine; elle est encore formée vers les deux faces de la feuille par l'assise la plus interne de l'écorce, mais sur les flancs ce sont des cellules du méristème vasculaire qui la constituent, c'est-à-dire des cellules de rayons médullaires.

Ceci montre bien, une fois de plus, qu'il y a le plus grand intérêt à ne jamais confondre le point de vue purement morphologique, qui a pour base l'étude du développement, avec le point de vue physiologique, n'importe quelle région, définie par son origine, pouvant subir les différenciations physiologiques les plus diverses. La gaine des faisceaux foliaires a le même rôle que l'endoderme de la tige, elle n'a que partiellement la même origine, elle n'est endoderme, si on s'en tient au sens étymologique, que suivant deux arcs.

La feuille nous apparaît donc comme ayant la même structure que la tige, elle n'en diffère plus essentiellement que par sa forme aplatie. Il y a plus; si on suit, comme l'a fait M. Flot, le développement de la tige et des feuilles tout au voisinage du sommet, à partir des quelques cellules qui constituent le méristème primitif, on constate, pour ne rapporter ici que la conclusion qui se dégage des recherches de l'auteur, qu'il est impossible de distinguer le développement de la tige d'avec celui des feuilles; il ne se constitue qu'une seule sorte d'organes, les feuilles; chacune de celles-ci se raccorde vers le bas avec la feuille ou les feuilles inférieures situées du même côté, par leurs côtés avec les régions correspondantes des feuilles appartenant au même cycle ou au même verticille, et de la sorte la base des tissus existant à la partie inférieure de chaque segment foliaire participe à la constitution de la tige.

Par conséquent une section transversale de la tige faite à un niveau donné passe par un ensemble de régions homologues qui intéressent un nombre plus ou moins grand de segments foliaires; c'est la jonction de plus en plus intime qui s'opère, de haut en bas, entre les régions homologues des segments foliaires qui constitue dans une section faite à une distance suffisante du sommet la structure caractéristique de la tige, considérée comme autonome.

En d'autres termes encore on ne doit pas distinguer dans une plante vasculaire une tige et des feuilles, mais regarder la plante comme constituée par un certain nombre de feuilles dont une partie est libre, dont une autre, continuation du pétiole vers le bas, est cohérente avec les parties correspondantes des autres feuilles; l'unité morphologique d'une plante vasculaire est donc la feuille, les zoologistes diraient que la plante est une *colonie de feuilles*. Nous ne considérerons plus, par exemple, l'asperge comme réduite, ou peu s'en faut, à une tige, mais comme une plante où les feuilles sont cohérentes dans presque toute leur étendue.

M. MOLLIARD.

PHYSIOLOGIE

Mécanisme de la mort dans l'hyperthermie.

On sait qu'au point de vue de leur température, les animaux peuvent se diviser en deux groupes distincts :

1° Les animaux à *sang froid* ou mieux à *température variable*; leur température suit les variations de celle du milieu ambiant.

2° Les animaux à *sang chaud*, ou mieux à *température constante*; leur température, grâce à un mécanisme d'autorégulation précis, reste fixe, indépendante de celle du milieu ambiant. Ce second groupe est constitué par les mammifères et les oiseaux.

A la vérité, leur température périphérique, celle de leurs téguments par exemple, subit des variations assez considérables sous l'influence des causes extérieures, mais la température de leurs organes profonds reste toujours voisine d'une valeur déterminée pour chaque espèce.

Au moyen d'un thermomètre sensible au dixième de degré, si nous prenons la température buccale d'un homme, nous trouverons toujours sensiblement 37°, que cet homme soit placé à la température ordinaire 15°, à une température très basse — 50° ou à une température très élevée. C'est ainsi qu'on a constaté que dans l'air sec à 94°, au bout de 20 minutes, la température d'un homme était de 37°,5.

Il est cependant des cas où le mécanisme régulateur de la température est vicié dans son fonctionnement; l'animal règle alors sa température, soit trop haut, soit, ce qui est plus rare, trop bas; on dit qu'il y a *hyperthermie* dans le premier cas, *hypothermie* dans le second.

Un exercice violent pris sous un soleil ardent amène une élévation de température accompagnée d'accidents graves, souvent mortels, c'est le « coup de chaleur »; certains traumatismes du système nerveux provoquent des effets analogues; mais ce sont surtout certaines toxines microbiennes qui amènent une élévation de température marquée; on sait combien la fièvre est un symptôme fréquent dans les maladies infectieuses. Le trouble de la régulation thermique est alors tel qu'on voit la température centrale du malade s'élever à 42°, 44° même dans la fièvre intermittente, sans que la mort survienne. Mais il n'en est pas toujours ainsi, et il est rare qu'une température de 42° ne soit pas suivie de mort. MM. Halliburton et Mott viennent d'élucider le mécanisme de la mort dans ces cas. Les cellules qui composent tous nos organes sont formés de matières albuminoïdes qui sont très altérables sous l'influence de la chaleur; parmi elles se distinguent surtout, sous ce rapport, les globulines.

Prenons, par exemple, le cerveau d'un animal fraîchement tué et broyons cet organe dans du chlorure de sodium à 1 p. 100; nous obtiendrons, par filtration, un liquide riche en globulines et qui coagulera à 47° et déjà même à 42° si cette température est maintenue assez longtemps.

La globuline ainsi coagulée a changé de propriétés

physiques, il est maintenant impossible de la dissoudre dans le chlorure de sodium. Ce qui s'est passé pour la solution de globuline se passe pour la globuline constituant la trame des cellules, lorsque la température de l'animal s'élève trop au-dessus de la normale.

Si nous prenons le cerveau d'un animal mort d'hyperthermie et que nous le soumettions au traitement précédent, nous ne pourrons plus en extraire de globuline; elle a été coagulée dans la cellule par l'élévation de température.

C'est ce que prouve également l'examen microscopique des cellules traitées par des réactifs appropriés. La cellule ainsi modifiée dans sa constitution ne peut continuer à exercer ses fonctions, et la mort de l'animal arrive bientôt au milieu des convulsions.

Nous avons pénétré ici le mécanisme intime de cette mort, qui reconnaît une cause d'ordre physico-chimique.

Dr P. Portier.

AGRONOMIE

Montrer les applications des sciences physiques et biologiques à l'industrie agricole, base nécessaire de la prospérité nationale, observer les progrès accusés par les concours et expositions, enfin signaler les recherches originales et les questions économiques d'intérêt général : tel est le but de cette Revue.

Concours général agricole de Paris.

C'est un tableau fidèle et vivant de l'état actuel de l'agriculture que nous présente le Concours agricole de Paris. Aussi me bornerai-je, pour aujourd'hui, à une visite rapide à la Galerie des machines du Champ de Mars, où il a tenu pour la dernière fois ses assises.

Tous les intéressés regretteront vivement la disparition de cet immense vaisseau de fer sous lequel animaux, machines et produits agricoles tenaient à l'aise. Il serait à souhaiter qu'il soit sursis à sa démolition jusqu'à la réédification d'un Palais de l'Agriculture à la Porte Maillot, conformément aux vœux émis par la *Société Nationale d'Agriculture*, la *Société des Agriculteurs de France*, etc.

Le Concours général a pris, depuis quelques années, une importance considérable. Non seulement il permet aux agriculteurs de se rendrecompte des progrès accomplis, d'observer les meilleurs animaux de chaque race, les machines les plus perfectionnées, mais encore il devient de plus en plus un grand marché d'affaires. Ce n'est pas seulement les constructeurs de machines agricoles, qui depuis longtemps y écoulent leurs produits, mais aussi les éleveurs dont les animaux sont disputés à haut prix par leurs collègues français et étrangers. Les Allemands ont contracté des marchés importants pour les reproducteurs des races bovines et porcines. Le Gouvernement russe a acheté près de 60 animaux bovins : Limousins, Charolais, Normands, etc., qui ont atteint des prix fort élevés.

Je ne veux pas entreprendre un compte rendu détaillé ni même mentionner les principaux prix, je me bornerai à observer quelques points remarquables.

Concours des animaux gras et des reproducteurs.

En ce qui concerne l'élevage, c'est le triomphe, définitivement consacré, des races bovines françaises de boucherie : Charolaises, Limousine. Ces races ont fait de tels progrès, depuis une vingtaine d'années, qu'elles sont parvenues à supplanter la race anglaise de Durham qui longtemps tint la première place dans nos concours. Il est intéressant de remarquer en particulier que la race limousine, dont les représentants disputent aujourd'hui le premier prix aux Charolais, était il y a cinquante ans une race rustique et inculte. L'apport des phosphates a profondément révolutionné l'agriculture de cette région granitique, autrefois si pauvre. Les grasses prairies ont succédé aux maigres pâturages et, sur ce sol fertile, la race bovine s'est rapidement transformée et est devenue, en quelques années, la sélection aidant, l'une des races de boucherie les plus universellement estimées. Aussi faut-il féliciter le Jury d'avoir accordé un grand prix à un magnifique taureau limousin aussi fin que bien constitué.

Un autre grand prix a été fort judicieusement attribué à une vache charolaise appartenant à M. Bardin (Nièvre), d'une rare beauté de formes : la réduction du squelette, le développement des masses charnues de première qualité, l'harmonie de toutes les parties en font un type absolument réussi.

Cette haute récompense a été aussi décernée à un taureau normand. On a longtemps reproché à la race normande, qui est incontestablement la meilleure des races laitières françaises, les proportions cyclopéennes de son squelette. Ces reproches ne peuvent s'appliquer au taureau de M. Lavorime (Seine-Inférieure), qui présente, avec une constitution parfaite, des caractères laitiers extrêmement accusés.

Il faut toute la perfection du bélier mérinos de Champagne de M. Fernand Chevalier (Marne), qui a obtenu un troisième grand prix pour avoir rallié les suffrages du Jury. Les races à laine, dont la mérine est la plus ancienne et la plus appréciée, tendent à être délaissées en raison du bas prix actuel des laines indigènes concurrencées par les laines de la République Argentine et de l'Australie. Aussi vise-t-on surtout à la production de la viande; et il faut bien reconnaître qu'à cet égard la race mérine doit céder le pas, pour la quantité et surtout pour la qualité, aux races d'origine anglaise et par-

ticulièrement la South-Down et la Charmoise dont le développement se poursuit très rapidement chez nous. Un grand prix a été d'ailleurs décerné à une bande de brebis south-down fort remarquable.

Les visiteurs ont pu voir un bœuf géant dont la taille gigantesque attirait les curieux. Nombre d'entre eux exprimaient la suprise qu'ils éprouvaient à constater qu'aucune récompense n'était attribuée à ce colosse. Il suffit d'une minute de réflexion pour comprendre qu'une charpente osseuse si développée est inutile, sinon préjudicieuse, surtout lorsque le défaut d'harmonie, rendant l'animal impropre à l'effort moteur et l'exagération de certaines parties aux dépens de la masse charnue sont aussi flagrants.

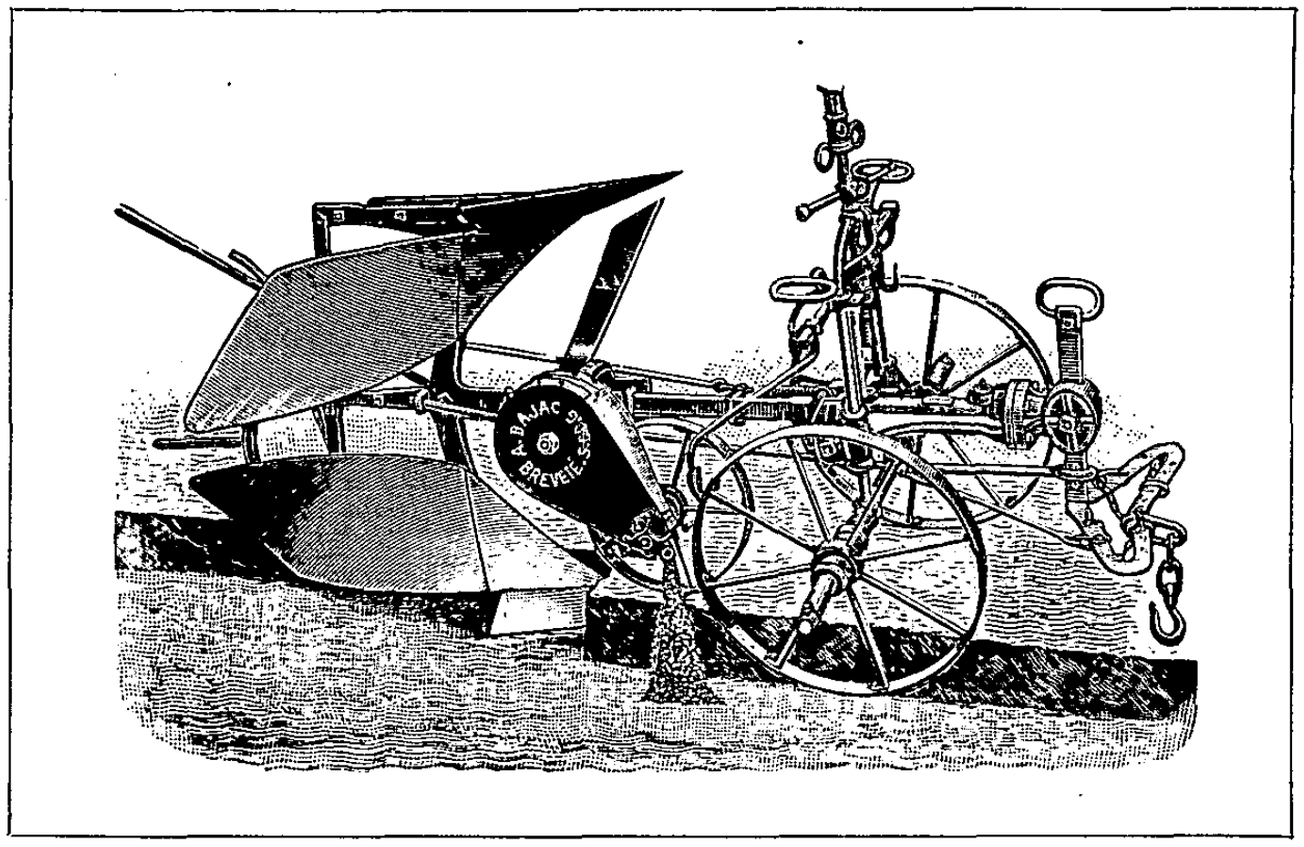


FIG. 1. — CHARRUE-SEMOIR BAJAC.

Exposition des Machines agricoles.

Si, abandonnant les moteurs vivants nous nous dirigeons vers les moteurs inanimés, vers l'exposition des machines agricoles, un curieux spectacle nous attend. Les grosses machines : batteuses, locomobiles encadrent les plus petites qui se détachent nettement sur ce fond coloré. Il suffit d'une promenade rapide au travers de cette forêt de semoirs, faucheuses, moissonneuses, râteaux mécaniques, charrues, herses, rouleaux, pressoirs, filtres, pasteurisateurs, etc., etc., pour se faire une idée du développement extraordinaire qu'a pris l'outillage agricole.

Le temps n'est plus où le paysan se contentait de gratter le sol superficiellement avec un araire de bois avant d'y jeter à poignées le grain de semence. La terre est aujourd'hui défoncée, fouillée profondément avec des machines puissantes et parfaitement réglées, dont la charrue Brabant est le type. L'air et l'eau la pénètrent, favorisant le travail des micro-organismes qui transforment en nitrates solubles et assimilables la matière organique, fixent l'azote atmosphérique, etc. Le grain est ensuite régulièrement distribué à une profondeur et à des intervalles convenables par les semoirs dont de nombreux systèmes sont exposés. Ce sont tous des modifications plus ou moins heureuses du semoir Smith. On économise ainsi la semence et la main d'œuvre tout en exécutant un travail plus parfait. A ce sujet signalons un instrument nouveau présenté par M. Bajac. Il sert à effectuer des semis sous raies. C'est une charrue Brabant effectuant un labour léger, sur l'age de laquelle on peut facilement fixer un semoir qui déverse dans la raie précédemment ouverte le grain à épandre. On a heureusement réuni en une seule deux machines distinctes. Cet instrument est appelé à se répandre dans les régions méridionales, où les semis sous raies sont souvent pratiqués.

Avec les semis en lignes il est facile de maintenir le sol propre et d'éviter l'envahissement des cultures par les mauvaises herbes. Il suffit de faire passer entre les lignes soit une herse à cheval, soit un scarificateur qui, tout en débarrassant le sol des plantes adventives, brisent la croûte superficielle et rendent le sol plus perméable à l'eau et à l'air.

Le blé mûr est coupé à la moissonneuse dont de nombreux types sont exposés. Un organe lieur très ingénieux forme des gerbes de grosseur déterminée. Enfin ces dernières sont égrenées à la batteuse. Plusieurs des machines à battre présentées sont actionnées par des moteurs à pétrole dont l'usage se développe de plus en plus dans les fermes. Les plus nombreuses cependant sont mues par des locomobiles à vapeur. Jusqu'ici ces dernières étaient traînées par des chevaux alors qu'elles ont dans le ventre tout ce qu'il faut pour marcher seules. La bizarrerie de cette situation apparaît à notre époque d'automobilisme à outrance. La maison Albaret a eu l'idée de construire une locomobile routière légère de 7 à 10 chevaux qu'elle intitule l'*Agromotive*. Elle peut se déplacer à une

vitesse de 4 à 6 kilomètres en remorquant la batteuse. La prise de vapeur se fait sur un dôme placé au centre de la chaudière, ce qui fait que l'on a toujours de la vapeur sèche. L'avant-train, à essieu brisé, est commandé par une tige oblique terminée par un volant à la main du mécanicien. Cette direction est d'une grande souplesse.

La conservation des matières alimentaires préoccupe de plus en plus les agriculteurs. Deux moyens sont employés : la dessiccation et la réfrigération. L'évaporateur vertical Tritschler est fort bien agencé. Les fruits sont placés sur des claies métalliques enchâssées en chicane dans des cadres s'emboitant les uns dans les autres, de façon à mieux utiliser l'air chaud produit par un calorifère. Dans les machines frigorifiques on utilise pour la production du froid la détente d'un fluide préalablement liquéfié ou comprimé. C'est la chaleur du corps à refroidir qui produit l'énergie nécessaire à cette détente. Une pompe (compresseur) refoule le fluide au condenseur où il se liquéfie sous l'action d'un courant d'eau froide. Le liquide produit se rend par un robinet (détendeur) au réfrigérant où se trouve le corps à refroidir ou un intermédiaire incongelable : saumure, chlorure de calcium, etc. Là il se détend, puis retourne au compresseur. Dans l'appareil Corblin et Douane les produits à conserver sont placés dans des caisses métalliques où sont disposées des alvéoles plongeant dans un bain de saumure refroidi par une machine au chlorure de méthyle. La forme des récipients ou alvéoles et les dimensions varient avec la nature des denrées à conserver : viande, fruits, poissons, etc.

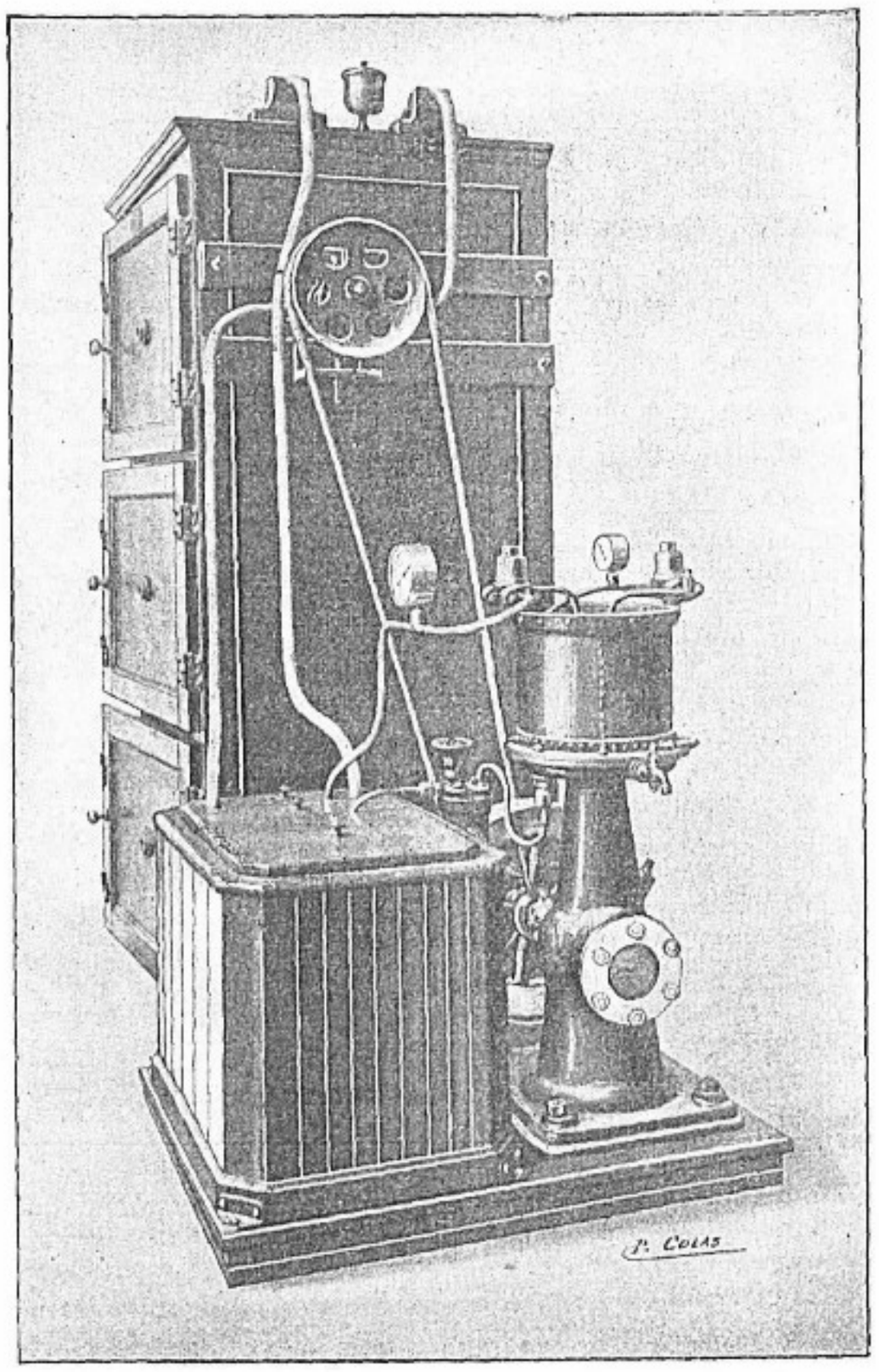


FIG. 2. — APPAREIL FRIGORIFIQUE CORBLIN ET DOUANE.

On a songé à concentrer les vins par le froid en restituant sous forme de glace l'eau en excès. Quelques appareils destinés à cette opération sont exposés. A la vérité jusqu'ici on n'est pas parvenu à des résultats absolument satisfaisants. Les vins soumis à ce traitement subissent une perte d'alcool et des altérations dans la coloration qu'il faut s'efforcer d'éviter pour rendre le procédé pratique.

Il y aurait encore beaucoup à dire sur les machines, mais je me vois obligé de borner ici ces observations pour signaler quelques-unes des plus intéressantes communications présentées aux deux congrès qui ont eu lieu pendant le concours.

Congrès de l'alcool.

Le Congrès des études économiques pour les emplois industriels de l'alcool s'est tenu au 1er étage de la galerie des machines. La séance d'ouverture a été présidée par M. Mougeot, ministre de l'Agriculture, qui a prononcé une intéressante allocution.

L'usage des engrais et des machines perfectionnées, les méthodes nouvelles de culture, la sélection des semences, etc., ont permis d'élever dans une large mesure les rendements. L'agriculteur français s'est vu dans la nécessité de créer des débouchés nouveaux pour écouler les denrées qu'il produit en abondance. La culture des plantes sarclées, en particulier, a pris une grande extension. C'est qu'en effet, indépendemment des bénéfices propres que procure la culture des betteraves et des pommes de terre, elle exerce sur les autres récoltes un effet des plus heureux. La terre, enrichie par l'apport des engrais, profondément remuée et nettoyée, se prête à merveille à la culture des céréales. Il n'est pas rare d'obtenir, après betteraves, des rendements en blé dépassant 40 hectolitres à l'hectare. Il serait donc très regrettable d'être obligés, faute de débouchés, d'abandonner cette production sur laquelle repose toute l'agriculture de régions très étendues, particulièrement dans le nord de la France. Le besoin de débouchés s'est fait surtout sentir ces dernières années. La sucrerie, depuis la Conférence de Bruxelles, traverse une période critique et il est nécessaire d'être en état d'utiliser les betteraves

produites le jour où elles ne pourront être employées à la fabrication du sucre. Mais il n'y a pas que le Nord qui soit directement intéressé à la question. La mévente des vins qui a sévi pendant les trois ou quatre dernières années a été pour les viticulteurs du Midi un véritable désastre. Ils ont compris qu'il était indispensable de prévoir le retour d'une crise semblable et, comme aux betteraviers, la distillation leur est apparue comme le seul remède d'une efficacité certaine. D'ailleurs la culture de la pomme de terre est générale et il peut être avantageux même, certaines années d'abondance, de transformer le blé en alcool. L'industrie de l'alcool apparaît donc comme le régulateur par excellence de la production agricole ; les pouvoirs publics l'ont heureusement compris. Pour ces raisons le *Congrès de l'Alcool* présentait un intérêt considérable.

M. Sorel a fait tout d'abord observer que pour le petit éclairage, se refusant à l'emploi onéreux des manchons à incandescence, l'alcool ne peut convenir sans l'adjonction d'un carburant et celui qu'il préconise c'est le benzol à 90 p. 100. Mais à partir d'une intensité lumineuse de 15 bougies, l'alcool, au point de vue de l'énergie lumineuse peut lutter avantageusement avec le pétrole, le prix de l'appareil et la fragilité des manchons n'étant pas des difficultés insurmontables. C'est au moins ce qu'affirme, d'après des expériences sérieuses, M. Chauveau, et c'est bien là l'opinion de la plupart des congressistes.

En dehors de l'éclairage il existe un grand nombre de petites industries familiales qui ont besoin d'une force motrice réduite. Ces petits moteurs utiliseraient l'alcool carburé n'était son prix élevé, car, il faut bien le dire, c'est là surtout le gros inconvénient de ce liquide.

En conséquence le Congrès, après avoir demandé des modifications au régime actuel de la dénaturation, réclame les concours du Gouvernement et de ses agents, spécialement des professeurs d'agriculture et instituteurs, pour aider à la diffusion des emplois de l'alcool dénaturé, émet le vœu que les frais de transport par chemin de fer soient réduits, enfin il reconnaît que pour mettre l'alcool dénaturé en mesure de lutter avantageusement contre les autres sources d'énergie il est nécessaire d'abaisser à 0 fr. 25 le prix du litre d'alcool dénaturé.

LÉON GIZOLME,
Ingénieur agricole.

PHOTOGRAPHIE

La Katatypie.

La lumière ne joue dans la plupart des réactions dites photochimiques qu'un rôle d'accélérateur ; les modifications qu'elle fait subir aux substances sensibles s'observent souvent sans intervention de la lumière : tels sont le voile d'émulsions préparées depuis longtemps, l'insolubilisation des papiers au charbon sensibilisés et conservés dans l'obscurité, etc.

Il semble donc que ces réactions commencent à se produire dès que la surface sensible est préparée, qu'elles sont très lentes et qu'il doit s'écouler un temps assez long pour que les modifications soient décelées par nos moyens actuels d'investigation ; le rôle de la lumière serait de raccourcir ce temps, d'accélérer la réaction.

D'autres causes que la lumière peuvent accélérer ces réactions ; telle est la chaleur.

Il en est de même de ce qu'on appelle la catalyse ; c'est-à-dire qu'on peut *accélérer une réaction par la présence d'une substance qui ne prend pas part elle-même à la réaction.*

Le Dr Gross, de l'Institut de chimie physique de Leipzig, a, sur les indications du professeur Ostwald, recherché dans quelle mesure la catalyse peut être utilisée pour l'obtention d'images ; il a donné à la méthode employée le nom de « Katatypie ».

Il a essayé, comme catalyseurs, le platine, le sulfate de cuivre, qui ne lui ont pas donné de bons résultats.

L'eau oxygénée, dont la décomposition, avec mise en liberté d'oxygène, est provoquée par l'argent ou le platine métallique, a pu être utilisée de façon pratique.

Si on étend sur une image photographique dont les noirs sont formés d'argent ou de platine métallique une solution d'eau oxygénée, celle-ci sera détruite aux endroits contenant le métal.

On obtient ainsi, d'un négatif d'argent ou de platine, une sorte de positif — invisible — d'eau oxygénée ; positif qu'on peut reporter sur une feuille de papier ordinaire ou mieux gélatinée, où il peut être rendu visible en utilisant diverses réactions de l'eau oxygénée.

C'est ainsi que si on traite l'image ainsi reportée par une solution de chlorure ou de sulfate de manganèse, additionnée d'ammoniaque, on obtient une image brune, dont les noirs sont formés par du bioxyde de manganèse ; si on traite par un mélange de chlorure cuivrique, d'acétate de soude et de ferricyanure de potassium, on obtient une image couleur cuivre, dont les noirs sont formés de ferrocyanure de cuivre, etc.

Le Dr Gross emploie l'eau oxygénée en solution éthérée ; lorsque l'éther est évaporé, le négatif ainsi traité est mis en contact durant une minute dans un châssis-presse, avec une feuille de papier gélatiné, qui est traité ensuite par la solution révélatrice.

L'eau oxygénée voile les plaques au gélatino-bromure non insolées et, d'autre part, détruit l'image latente d'une plaque impressionnée. Si donc on traite un phototype négatif sur plaque au gélatino-bromure par l'eau oxygénée et si on le met en contact avec une plaque au gélatino-bromure voilée par une exposition à la lumière, on obtiendra un contretype.

Le Dr Gross a fait nombre d'expériences analogues sur le procédé au charbon, le procédé à la gomme bichromatée, etc.

Tandis qu'il existe peu de réactions qui soient sensibles à l'action de la lumière, il n'existe guère de réaction qui ne puisse être influencée par la catalyse. Aussi l'application aux procédés de reproduction des actions catalytiques ne peut-elle manquer de prendre, un jour ou l'autre, une grande importance. C'est pourquoi nous avons cru devoir signaler à nos lecteurs les curieuses expériences du Dr Gross.

L'effet stéréoscopique obtenu avec un seul négatif.

Depuis longtemps les photographes ont essayé d'obtenir un effet stéréoscopique au moyen d'une seule image ; c'est ainsi que, sous le nom de *Photobinographie*, Edwin Petit prit un brevet à ce sujet en Angleterre ; le *Journal of Photography*, en publiant un résumé de ce brevet, fait remarquer que ce procédé était connu depuis longtemps.

En 1900, M. Boissonas prit un brevet analogue sous le

titre : « Image photographique basée sur l'application du principe de la vision binoculaire et procédé d'obtention de ladite ». L'image photographique binoculaire qui fait l'objet de ce brevet est la superposition de deux images stéréoscopiques que l'on projette sur une même surface sensible ou elles se confondent; une telle image, nette au centre, a ses contours flous : les deux éléments ne se superposent pas en effet exactement, l'image droite n'étant pas superposable à l'image gauche. C'est d'ailleurs ce flou qui, en réalité, donne une sorte d'effet de relief; d'après l'auteur, une telle image n'a pas besoin de retouche, les détails inutiles ou gênants se trouvant éli-

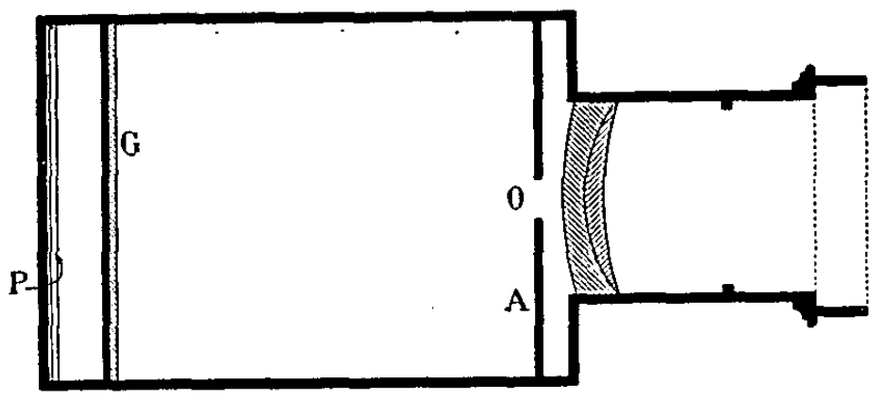


FIG. 1. — COUPE VERTICALE DE LA CHAMBRE.

minés du fait de ce défaut de coïncidence.

On peut obtenir des effets très analogues beaucoup plus simplement en employant les anciens objectifs à portrait dont le diamètre des lentilles est supérieur à l'écartement des yeux.

Un procédé plus rationnel d'obtention du relief stéréoscopique avec une seule image est celui des anaglyphes de *Ducos du Hauron*, procédé qui, en réalité, comporte deux images superposées.

M. Ives, à la suite d'études sur les trames utilisées en photogravure, a été amené à une autre solution ; il est obligé, il est vrai, d'avoir recours à la formation de deux

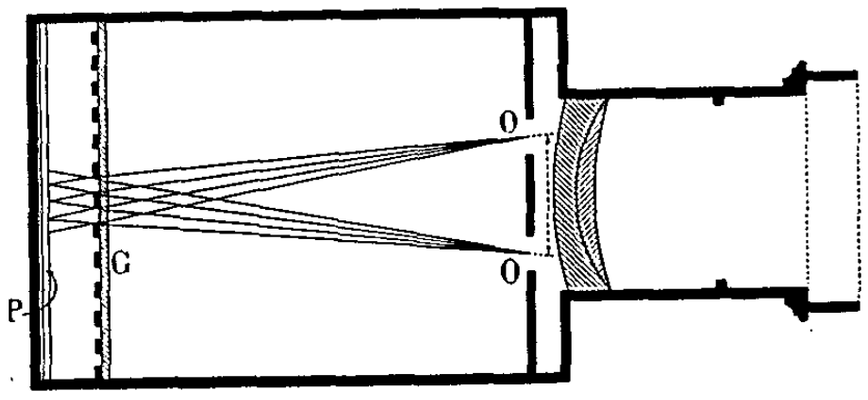


FIG. 2. — COUPE HORIZONTALE DE LA CHAMBRE.

images, mais l'ensemble a, comme dans les anaglyphes, l'apparence d'une image unique; il lui a donné le nom de *Parallax-Stereagram*.

M. Ives, pour obtenir son stéréagram, place derrière un objectif à grand diamètre, monté sur une chambre 9×12, un écran opaque A dans lequel ont été percées deux ouvertures O, isolées par la séparation stéréoscopique habituelle. La plaque sensible P occupe dans le châssis négatif sa place ordinaire; mais en avant de cette plaque, on interpose un écran de verre G couvert de lignes verticales parallèles au tracé des écrans tramés à une seule ligne.

La figure 1 donne une coupe verticale de l'appareil ainsi disposé; la figure 2 en donne une coupe horizontale.

Il est facile de comprendre, en examinant la figure 1, que si l'écran tramé est placé à une distance convenable de la plaque sensible, l'image négative ainsi obtenue doit être formée par des lignes parallèles tracées par les rayons lumineux ayant accès par les ouvertures O et O′.

D'après le négatif ainsi obtenu, on tire une diapositive

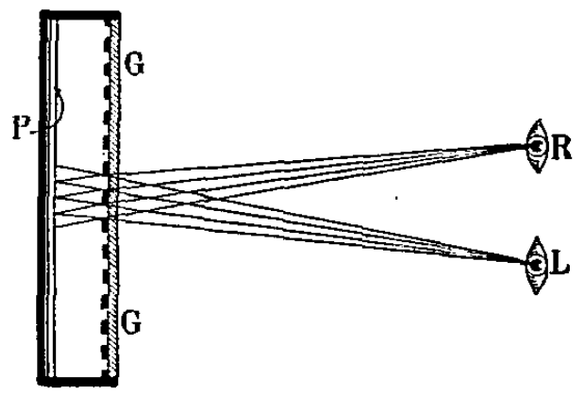


FIG. 3. — OBSERVATION DE L'ÉPREUVE DIAPOSITIVE.

et on l'observe à travers un écran ligné, analogue à l'écran G, l'observateur étant suffisamment éloigné pour que ses yeux soient à une distance de la position égale à la distance qui séparait la plaque négative de l'objectif. Dans ces conditions, l'œil droit R (fig. 3) percevra la partie du négatif formée par les rayons ayant traversé l'ouverture O, tandis que l'œil gauche L verra seulement la partie formée par les rayons lumineux ayant eu accès par l'ouverture O′.

Les essais effectués par M. Ives n'ont porté que sur un petit format; mais il ne semble pas qu'il y ait impossibilité d'obtenir des images de plus grandes dimensions. On pourrait alors reproduire des scènes donnant l'aspect de la grandeur naturelle et préparer une illusion d'optique amusante en préparant un cliché dont la diapositive, convenablement disposée, laisserait croire, par exemple, à l'existence d'une vaste galerie peuplée de statues alors qu'en réalité il n'y aurait qu'une image plane sur verre et un écran tramé.

Pelliculage des phototypes.

Le procédé le plus pratique est certainement celui qui a été indiqué par M. Roy et qui consiste à rendre d'abord la gélatine inextensible par l'action du formol, puis à utiliser le dégagement de gaz carbonique obtenu par le passage successif du cliché à pelliculer d'un bain de carbonate dans un bain acide. Il faut un séjour prolongé dans le bain de carbonate pour que celui-ci pénètre jusqu'au verre. M. Drouillard, dans une intéressante communication à la Société lorraine de photographie, a montré qu'on se plaçait dans de meilleures conditions en mélangeant le carbonate au bain de formol. On abrège ainsi la durée des opérations, on supprime un bain et la pellicule quitte facilement son support; le carbonate, loin d'entraver l'action du formol, semble l'exalter M. Drouillard recommande de faire baigner le phototype durant cinq à huit minutes dans le bain :

Carbonate de sodium	5 gr.
Formol	15 à 20 gr.
Eau	QS pour 100.

Éponger au sortir du bain, laisser sécher et immerger dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 p. 100.

Le séjour dans le bain acide est déterminé par la séparation de la pellicule et de son support.

G. H. NIÉWENGLOWSKI.

PETITES APPLICATIONS
DES SCIENCES NATURELLES

Traitement de l'Obésité.

D'après M. Le Menant des Chesnais, les obèses peuvent devenir facilement à l'état normal en ne buvant que du lait. Il est à noter la facilité avec laquelle la plupart des obèses acceptent de se mettre au régime lacté en réduisant au strict nécessaire la dose quotidienne de lait, et à continuer ce traitement pendant des périodes de quatre à neuf semaines. Les obèses se tiennent d'eux-mêmes à l'ingestion d'une petite quantité de lait, de 1 litre à 1 litre 1/2. Tous les malaises dus à l'obésité s'améliorent rapidement, même dans les cas où la diminution du poids a été insignifiante. Ce traitement doit être prescrit seulement dans la saison chaude, parce qu'il est pénible à suivre en hiver à cause du peu de calories qu'il fournit à l'organisme. Une distinction sur laquelle on doit veiller est celle de l'obésité vraie d'avec la polysarcie. L'obésité vraie serait constituée par une surcharge graisseuse de l'organisme, tandis que ce qui caractérise surtout la polysarcie est le développement exagéré du tissu musculaire. C'est chez les obèses vrais que la diète lactée réduite donne les plus remarquables résultats.

Levûre de bière et variole.

On a déjà utilisé la levûre de bière dans la guérison d'un grand nombre de maladies, sans grand succès d'ailleurs. MM. Conche et Piétri assurent qu'elle peut aussi rendre des services dans la variole. En administrant tous les jours deux à trois cuillerées à bouche de levûre délayée dans de la bière, on verrait, paraît-il, les pustules s'arrêter dans leur développement et se dessécher.

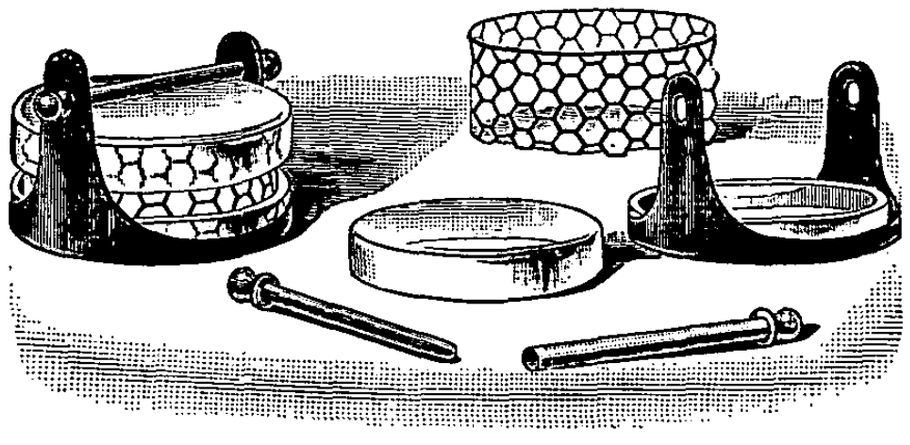
Menthol et Migraine.

Le *Menthol* est un excellent agent médicamenteux, mais ayant la regrettable propriété de ne pas être soluble dans l'eau et, par suite, de ne pouvoir être introduit dans nombre de potions. Le Dr Crésantignes vient de tourner la difficulté en se servant de la teinture du bois de Panama (*Quillaia saponaria*). Voici comment se prépare une potion destinée à être ingérée. On dissout 0gr,03 de menthol dans 5 gr. de teinture de Quillaia, puis on ajoute 10 gr. de glycérine pure et on ajoute suffisamment d'eau distillée pour faire 125 centimètres cubes. — Pour la migraine, on emploie 0gr,15 à 0gr,30 de menthol, 10 gr. de teinture de quillaia et 145 gr. d'eau distillée. On imbibe de cette préparation une compresse pliée en quatre, qu'on applique sur le front. Au bout de trois à cinq minutes, lorsque le malade accuse un picotement qui commence à devenir pénible, on substitue à la compresse mentholée une compresse imbibée d'eau pure, pour reprendre, peu après, l'application de menthol, et ainsi de suite.

Les grenouilles en expérience.

M. L. Camus a présenté à la *Société de Biologie* un dispositif pour la conservation et l'observation des grenouilles en expérience. Il s'est proposé, en construisant cet appareil, de maintenir la grenouille dans un petit espace tout en lui donnant les meilleures conditions hygiéniques possibles. Toute la cage est stérilisable et le nettoyage se fait sans avoir besoin de toucher à l'animal.

Deux couvercles de baril en verre de douze centimètres de diamètre et un petit panier en fer galvanisé sont les trois pièces principales de la cage. Le panier s'emboîte exactement dans les deux couvercles, et sa hauteur est calculée pour réaliser un écartement d'un demi-centimètre environ entre les deux couvercles; cet espace se trouvant à la hauteur du nez de la grenouille assure une aération parfaite. Une minime quantité d'eau placée dans le couvercle inférieur donne l'humidité nécessaire. Le panier et le couvercle supérieur s'enlèvent ensemble et l'on peut ainsi, sans toucher à la grenouille, faire le nettoyage du couvercle inférieur et renouveler l'eau.



CAGE L. CAMUS.

Enfin une fermeture très simple et peu coûteuse empêche la grenouille de soulever le couvercle et facilite le transport de la cage.

Ce dispositif permet en résumé de réaliser à peu de frais la séparation et la conservation, dans de bonnes conditions hygiéniques, des grenouilles en expérience.

Nouvelle plante fourragère.

M. Ed. André vient d'appeler l'attention sur une plante assez peu connue au point de vue utilitaire, la *Luzerne en arbre*. Sa patrie est le sud de l'Italie, la Grèce, diverses parties de l'Archipel. La plante s'est presque naturalisée à Nice et dans plusieurs localités du littoral. On est frappé de sa rusticité, de sa résistance à l'air salin, de son tempérament robuste qui la fait prospérer entre les fissures des rochers sans crainte de la sécheresse, de l'abondance de son feuillage sur ses rameaux touffus, surmontés de petites grappes de fleurs jaunes. C'est un arbuste à port dressé, buissonneux, atteignant de 1 à 3 mètres de hauteur.

La Luzerne en arbre a été introduite depuis bien longtemps dans les cultures du Midi de la France,

puisqu'elle est devenue subspontanée sur plusieurs points de la Provence. De là, elle a gagné le Nord, où elle a dû être considérée comme arbuste d'orangerie; on la possédait en Angleterre dès 1596. Dans le Centre et à Paris, elle gèle par les hivers rigoureux, mais repousse du pied, surtout après avoir été couverte de neige. Elle est rustique dans la région de l'Ouest et les pépiniéristes d'Angers et autres régions la maintiennent sur leurs catalogues, sans réussir cependant à la faire adopter largement dans les jardins. Il n'en est pas de même dans toute la région méridionale, où on la rencontre souvent. Elle y rend de grands services au point de vue décoratif par sa jolie verdure tendre, persistante, et ses fleurs jaunes remontantes. Elle est précieuse pour des « fonds de massifs, en arbuste de deuxième rang, où elle est employée comme « repoussoir » et surtout elle s'accommode des plus mauvais terrains. On en fait aussi des haies touffues.

Voilà pour sa valeur décorative.

Mais elle est autrement intéressante si l'on se préoccupe de sa valeur alimentaire, comme fourrage. Une légumineuse de cet aspect, si facile à vivre, devait provoquer l'observation des agriculteurs. Les chèvres de l'Italie méridionale et de la Grèce avaient depuis longtemps en haute estime cette prébende arbustive. Les anciens agronomes italiens ont-ils entendu parler de la luzerne en arbre, lorsqu'ils vantaient le cytise recherché par le bétail? On le croirait à lire Pline le Naturaliste, qui, d'après Aristomaque d'Athènes, a vanté ce fourrage et en a préconisé la culture, en ajoutant qu'il engraisse les troupeaux, que les chevaux le préfèrent à l'orge, qu'il augmente la sécrétion du lait chez les vaches, et que les abeilles trouvent toujours une abondante nourriture sur ses fleurs.

L'analyse chimique, faite par M. Achille Müntz, a donné les chiffres suivants, après dessiccation à l'air :

Matières azotées	13,12
— grasses	0,99
Extractifs non azotés	42,47
Cellulose brute	23,00
Matières minérales	5,42
Eau	15,00
	100,00

Ce produit, quoique contenant des matières ligneuses, pris dans son ensemble, est un fourrage plutôt riche, puisqu'il est notamment plus pourvu de matières azotées que le foin de prairie, et qu'il est même supérieur à ce point de vue aux meilleures luzernes. Il est d'ailleurs accepté par tous les animaux, qui le mangent sans inconvénient pour leur santé.

Pour essayer avec succès la culture de la Luzerne en arbre, quelques indications sont nécessaires. D'abord, il ne faut pas oublier que cet arbuste est surtout destiné à fournir un fourrage riche sur des terrains pauvres. Il est tout naturel que, dans les bons sols où les prairies artificielles peuvent être établies dans les conditions ordinaires, il serait en état d'infériorité. Mais sur les terrains pierreux, sur les pentes rocheuses du Midi, en plein soleil, il réussira, pourvu qu'on prenne quelques précautions. Sur les talus, dont les tranchées des chemins de fer nous offrent fréquemment des exemples, on tracera des lignes à 1 mètre les unes des autres, perpendiculairement à la pente. Puis on ouvrira des trous dans le sol, à la pioche, tous les mètres, sur $0^m,40$ à $0^m,50$ de large et autant de profondeur, et on les remplira de toute la bonne terre que l'on pourra trouver sur place ou dans les environs. Ce qui vaudrait mieux encore, ce serait de creuser des tranchées continues, sortes de fossés ou rigoles remplis de bonne terre en tout ou en partie. Les racines pourront ainsi s'entrecroiser et la réussite sera infiniment meilleure. Si la pente est rapide, on devra, en ouvrant les tranchées, rejeter la terre au-dessous en forme de bourrelet continu qui retiendra les eaux de pluie et favorisera grandement la réussite des plantes. Lorsque le sol est très pierreux, il est bon d'amorcer ces jeunes plants avec un peu de bonne terre végétale appliquée immédiatement autour de leurs racines.

La préparation du sol devra se faire pendant l'hiver et la plantation au premier printemps, par exemple, en mars-avril. Les pluies d'hiver auront rafraîchi la terre et l'influence du soleil printanier fera partir les jeunes plants avec rapidité. Ceux-ci seront élevés en godets et plantés en motte; leur reprise sera ainsi assurée. Si l'on voulait tenter la plantation à racines nues, beaucoup moins sûre, il faudrait mettre en place en février-mars.

Dans un sol pierreux mais ayant une proportion suffisante de terre végétale, avec des roches fissurées dans lesquelles les racines pourront se glisser assez profondément, on pourra placer les plants à 1 mètre les uns des autres, soit à raison de 10 000 à l'hectare. Il va de soi qu'on plantera d'autant moins serré que le terrain sera moins riche. Le semis serait peut être le meilleur procédé de culture, mais les graines sont rares et, à l'heure qu'il est, le commerce ne saurait en fournir des quantités notables. Enfin le bouturage pourra être essayé, en sec pendant l'hiver, en vert au mois d'août, sous cloche, le long d'un mur, en terre sablonneuse.

La Luzerne en arbre vient très bien sur les calcaires du Midi. Le jurassique de Nice et de Monaco lui agrée particulièrement, mais la plante prospère également sur les gneiss et les porphyres de l'Estérel et sur les granites voisins. On trouvera cependant que cette espèce est plutôt calcicole qu'autre chose. Dès que la culture sera établie en vue de la production du fourrage, on devra couper les rameaux feuillus au printemps, aussitôt après le développement complet du feuillage, et les donner aux bestiaux, qui mangent même le bois quand il est encore tendre. D'autres rameaux repousseront alors et produiront une seconde coupe dont l'importance ne peut être indiquée encore.

H. COUPIN.

Bulletin Météorologique

Mai 1903.

Le mois de mai peut se diviser en deux périodes marquées chacune par des caractères météorologiques bien distincts : dans la première, qui a duré du 1er au 20, le temps est resté frais et pluvieux, comme il l'avait été pendant tout le mois précédent; dans la seconde, au contraire, le temps a été beau et très chaud.

C'est ainsi, par exemple, qu'à l'observatoire du Parc Saint-Maur, la température moyenne de la première période est de 11°,1, en déficit de 1°,5 sur la normale correspondante, tandis que pour la seconde elle atteint 18°,6, présentant un excès de 4°,3. La même opposition se retrouve pour la pluie : du 1er au 20, on compte 13 jours de pluie, dont 11 consécutifs, qui ont donné au total 42mm,8 d'eau; du 21 au 31, on n'en compte qu'un seul qui a fourni 0mm,8.

On voit que l'opposition est bien nette entre les deux premières décades et la dernière. Ces caractères météorologiques sont naturellement liés à la distribution des pressions à la surface de l'Europe et à la direction des courants atmosphériques.

Du 1er au 8, une zone de basse pression a persisté sur la France et les Iles Britanniques, le minimum se tenant le plus souvent à l'ouest de nos côtes; le 4, à 7 heures du matin, on notait 741 mm. à Brest. A partir du 9, les basses pressions se sont étendues sur le centre et l'est du continent; enfin, du 12 au 20, le baromètre est resté relativement élevé dans le sud-ouest de l'Europe, tandis que des dépressions assez profondes passaient dans l'extrême-nord. Les courants du sud ont dominé jusqu'au 8; les vents d'entre ouest et nord sont devenus ensuite prépondérants. D'ailleurs, quoique la situation atmosphérique ait été assez troublée, les gradients barométriques n'ont été à aucun moment bien élevés, ce qui explique la rareté des coups de vent sur nos côtes.

A partir du 20, le baromètre a monté dans toute l'Europe et le temps s'est modifié en conséquence. Le 22 et le 23, les fortes pressions couvraient presque tout le continent; elles n'ont plus ensuite persisté que dans le nord et, à la fin du mois, elles avaient complètement disparu. Le changement a d'ailleurs été très rapide : tandis que le 28, la plus grande différence des lectures barométriques faites en Europe atteignait 40 mm. entre Saint-Pétersbourg et Madrid, le 31, elle n'était plus que de 7 mm. entre Helsingfors et Nancy. On voit combien la distribution des pressions était uniforme le 31 sur le continent; cette situation, pour laquelle le gradient est pour ainsi dire nul, les vents à la surface du sol très faibles et de directions variables, est caractéristique de la saison chaude et ne se présente jamais en hiver. C'est par une telle situation que les orages deviennent fréquents, ce qui n'a pas manqué de se produire à la fin du mois.

Du reste, les manifestations électriques ont été extrêmement nombreuses dans toute la France le mois dernier. Au Parc Saint-Maur, où les orages avaient fait complètement défaut depuis le commencement de l'année, on n'a pas compté moins de 9 jours de tonnerre en mai, alors que la fréquence moyenne pour une période de vingt années (de 1876 à 1895), est seulement de 4 jours environ. Un nombre aussi élevé de journées orageuses en mai est d'ailleurs assez rare; on en a compté 9 en mai 1886, et 12 en mai 1890.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler qu'à l'observatoire du Parc Saint-Maur, on compte comme jour d'orage un jour pendant lequel on a entendu un ou des coups de tonnerre. Ce n'est pas là, naturellement, une définition, mais seulement une convention qu'il serait souhaitable de voir adopter par tout le monde. On ne peut évidemment songer à faire des comparaisons entre deux stations qu'à la condition que le phénomène observé y soit bien le même; ce n'est pas toujours le cas; actuellement, certains observateurs considèrent comme orage la réunion de l'éclair et du tonnerre, d'autres même demandent encore la condition qu'une précipitation quelconque, pluie ou grêle, ait accompagné les manifestations électriques.

Le temps a été très chaud, comme nous l'avons dit, dans les derniers jours de mai et les maxima ont atteint en France des valeurs élevées : on a noté 32° à Charleville, Bordeaux, Toulouse; 31° à Limoges, 30° à Brest, Nancy. Au Parc Saint-Maur, le maximum du mois, 28°,6, a été observé le 22 et le 30; la plus haute température notée en mai est de 33°,6; elle s'est produite en 1870. Quant au minimum du mois il n'a été que de 4°,6; l'année dernière le mois correspondant avait été très froid et pluvieux et le minimum était descendu à 1°,3 au-dessous de 0°; cette année, les gelées blanches même ont fait presque complètement défaut.

CH. GOUTEREAU.

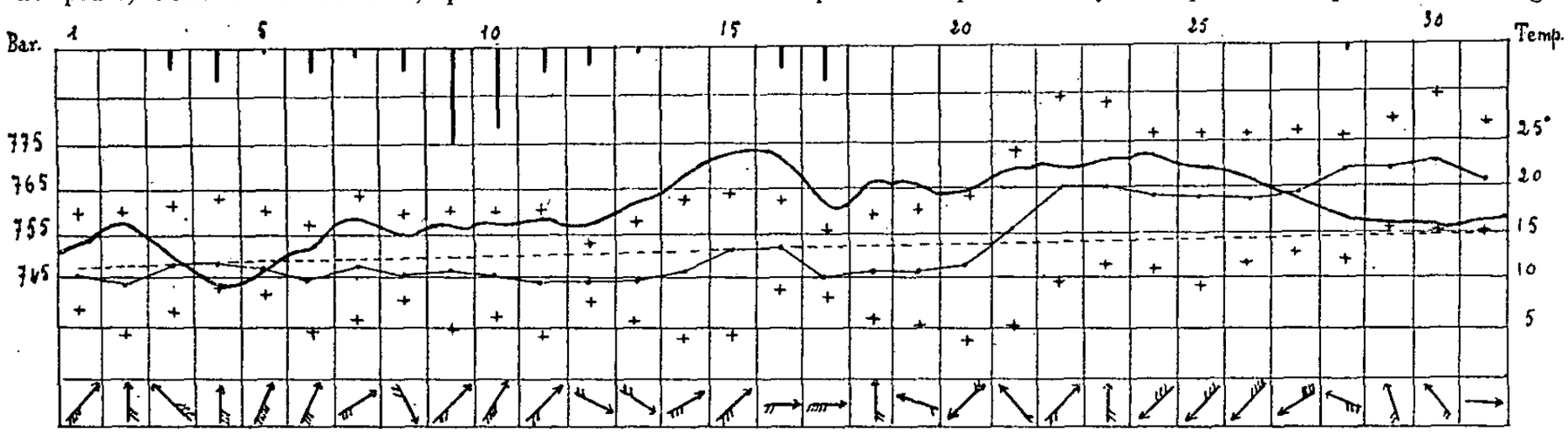


DIAGRAMME DES OBSERVATIONS DU PARC SAINT-MAUR. — MAI 1903.
(D'après le *Bulletin international* du bureau central météorologique.)

La courbe en trait gras représente la marche du baromètre, ramené au niveau de la mer. Les croix indiquent les températures maxima et minima, les points reliés par des traits fins, les températures moyennes de chaque jour. La courbe pointillée donne la température normale de chaque jour du mois. La direction du vent est figurée par les flèches, la force par le nombre de pennes de 0 (calme) à 9 (tempête). Les traits gras verticaux partant du haut donnent la hauteur de pluies (1 mm. pour 1 mm. d'eau.)

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

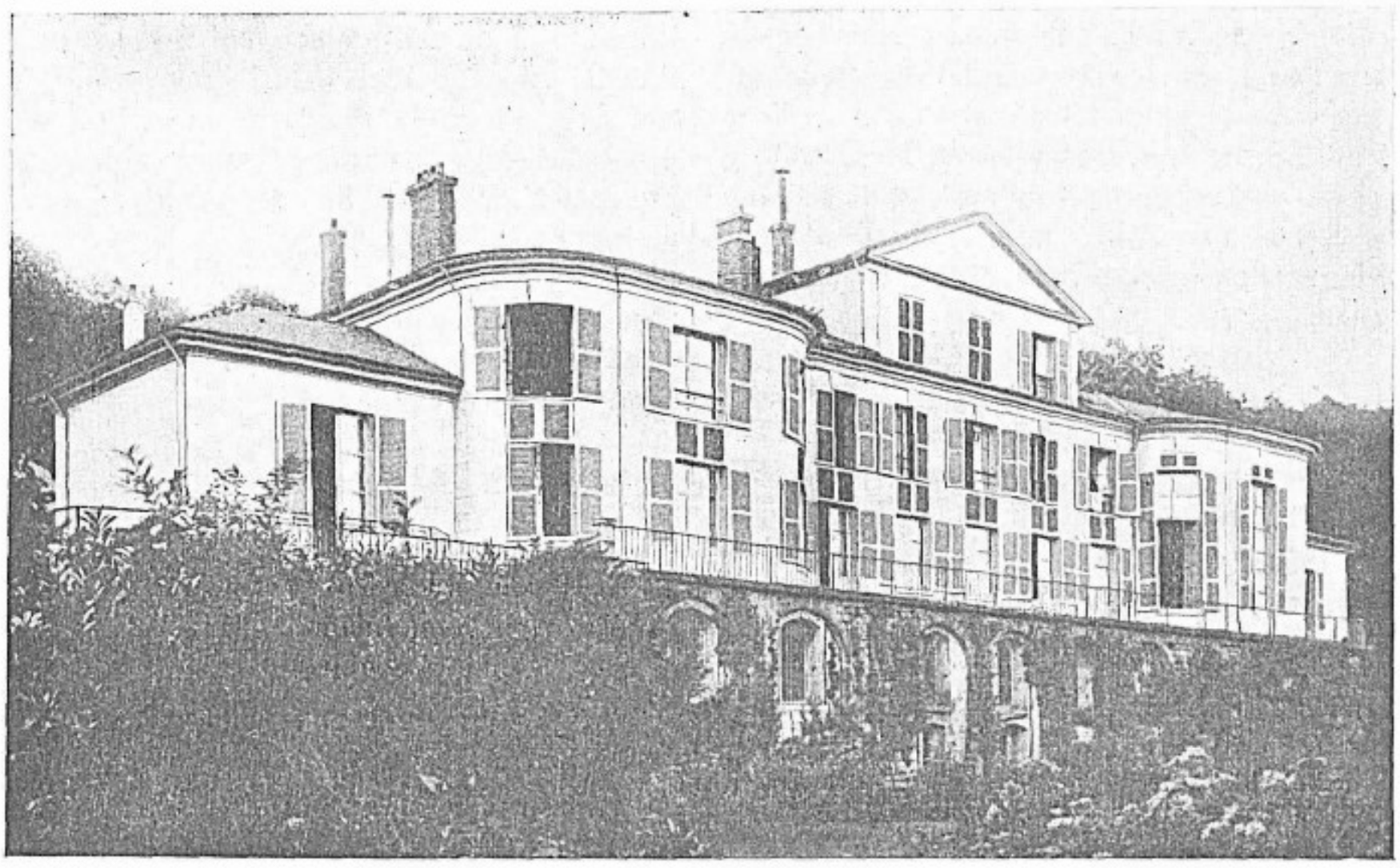


FIG. 1. — LE PAVILLON DE BRETEUIL.

HISTOIRE DES SCIENCES

J.-RENÉ BENOÎT ET LE BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES.

Dans sa séance du 16 février 1903, l'Académie des sciences a élu *membre correspondant* M. *René Benoît*, directeur du Bureau international des poids et mesures, membre de la commission technique des Laboratoires d'essais du Conservatoire des arts et métiers, membre du Bureau national des poids et mesures, et membre correspondant du Bureau des longitudes. L'Académie a voulu ainsi récompenser une longue carrière, exclusivement consacrée à la Science, et honorer les remarquables travaux de M. Benoît qui se confondent, pour ainsi dire, avec ceux du grand établissement scientifique qu'il dirige depuis quinze ans.

M. Benoît s'était préparé à ces délicates fonctions par un long stage dans le Laboratoire des recherches (physique) de la Sorbonne, alors dirigé par l'éminent physicien Jamin qui l'avait fondé, en 1868, sous les auspices du ministre Duruy, le créateur de l'École pratique des hautes études. Il y était entré en 1869, après avoir terminé ses études médicales à Montpellier, sa ville natale. Il y exécuta une intéressante thèse de doctorat ès sciences physiques « *sur la variation de la résistance électrique dans les métaux aux hautes températures* », qu'il soutint, en 1878, devant la Faculté des sciences de Paris.

Peu de temps après s'organisait, par une entente entre la plupart des nations du monde civilisé, le Service international des poids et mesures, tel qu'il existe aujourd'hui. Une conférence diplomatique, réunie à Paris, signait, le 20 mai 1875, la *Convention du mètre* et consacrait la création du *Bureau international des Poids et Mesures*[1]. Cet établissement devait être chargé, pour le compte de tous les gouvernements contractants, des déterminations des

1. Voici le texte des principaux articles de cet important document :

ARTICLE Ier. — Les hautes Parties Contractantes s'engagent à fonder et entretenir, à frais communs, un Bureau international des Poids et Mesures, scientifique et permanent, dont le siège est à Paris.

ART. II. — Le Gouvernement français prendra les dispositions nécessaires pour faciliter l'acquisition ou, s'il y a lieu, la construction d'un bâtiment affecté à cette destination, dans les conditions déterminées par le Règlement de la présente convention.

ART. III. — Le Bureau international fonctionnera sous la

unités, et, en général, des études relatives à la *Métrologie*. Ce fut le délégué de Norvège, le docteur Broch, qui en fut nommé directeur; et, presque aussitôt après l'installation des services dans un établissement approprié, M. Benoît y fut appelé comme premier adjoint, et ne l'a plus quitté depuis lors. Après la mort du Dr Broch, au commencement de 1889, il en est devenu directeur.

Aussitôt après la signature de la Convention du mètre, le Gouvernement français avait mis à la disposition du Comité international, le domaine national du *Pavillon de Breteuil* (fig. 1 et 4). Ce pavillon est situé à mi-côte du parc de Saint-Cloud, en un endroit isolé et bien protégé contre les trépidations. Le Comité fit alors réédifier les bâtiments d'habitation et fit construire les laboratoires nécessaires, en visant, avant tout, à la solidité de l'ensemble et à une protection efficace contre les variations de la température extérieure.

Les salles d'observation sont, d'abord, extrêmement spacieuses. Elles sont entourées de murs épais, constitués par deux enveloppes laissant entre elles un espace rempli d'une substance mauvaise conductrice de la chaleur : un couloir entoure le massif qu'elles forment par leur ensemble. De plus, elles reçoivent la lumière par des lanternes élevées, correspondant chacune à une sorte d'entonnoir posé dans un grenier de 3 mètres de hauteur. Ces lanternes sont fermées par des vitrages, disposés de telle manière que les rayons du soleil ne pénètrent jamais directement dans la salle, et ne puissent pas en influencer la température. L'ensemble de ces précautions est si efficace, que, pendant les jours les plus chauds de l'été, alors que l'écart entre la température intérieure des habitations ordinaires et la température extérieure s'élève à une dizaine de degrés C., les variations diurnes de la température des salles dépassent rarement 1 dixième de degré.

direction et la surveillance exclusive d'un *Comité international des Poids et Mesures*, placé lui-même sous l'autorité d'une *Conférence générale des Poids et Mesures*, formée de délégués de tous les gouvernements contractants.

Art. VI. — Le Bureau international des Poids et Mesures est chargé :

1° De toutes les comparaisons de vérifications des nouveaux prototypes du mètre et du kilogramme;

2° De la conservation des prototypes internationaux;

3° Des comparaisons périodiques des étalons nationaux avec les prototypes internationaux, et avec leurs témoins, ainsi que de celles des thermomètres étalons.

(Voir *la Convention du mètre et le Bureau international des poids et mesures*, par Ch.-Ed. Guillaume, directeur adjoint, Gauthier-Villars, 1902.)

Dans ces conditions, la plus grosse perturbation thermique est due souvent à l'observateur, dont le rayonnement calorifique propre, dans une salle où il se tiendrait toute la journée, pourrait élever la température ambiante de plusieurs dixièmes de degré. Mais on peut atténuer ces variations personnelles en remplaçant l'observateur, pendant qu'il est absent, par le rayonnement calorifique d'une petite flamme de gaz brûlant dans un poêle: les produits de la combustion s'échappent par un tuyau très long, qui parcourt les trois parois de la salle en répartissant la chaleur aussi régulièrement que possible.

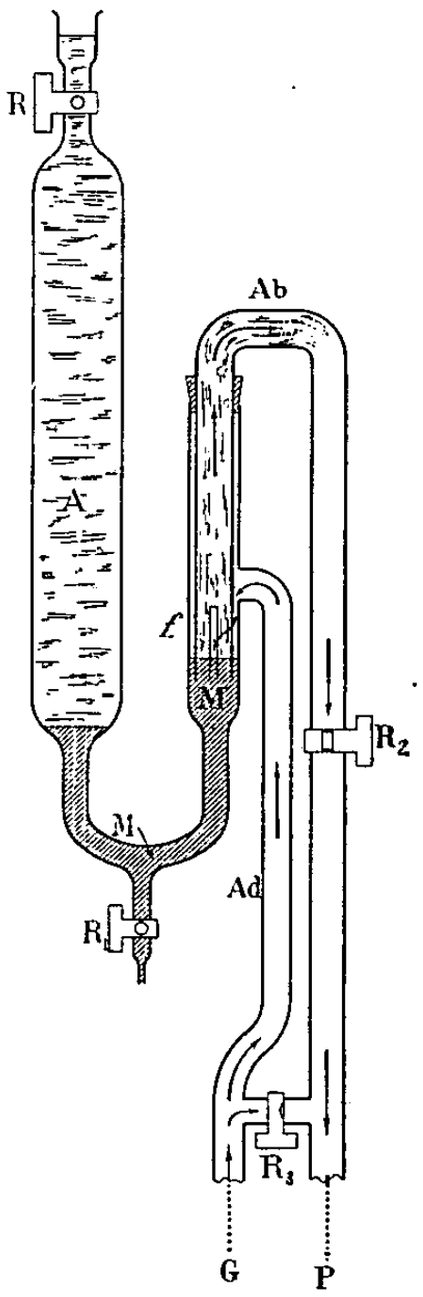


FIG. 2. — THERMO-RÉGULATEUR DE M. J.-R. BENOÎT.

Le gaz arrivant par G, circule dans le sens des flèches. — A*d*, tube adducteur. — A*b*, tube abducteur, muni de la fente longitudinale *f*. — A, réservoir thermométrique à essence de pétrole. — M, mercure. — R, robinet d'introduction de l'essence et de fermeture du réservoir thermométrique. — R_1, robinet de réglage du débit. — R_2, robinet permettant de faire varier la quantité de gaz qui se rend au poêle après avoir traversé le régulateur. — R_3, robinet veilleuse alimentant le poêle d'une façon permanente, même quand la conduite principale est obturée. — P, direction du poêle à gaz.

En hiver, on évite l'excès d'humidité en maintenant la température des salles un peu au-dessus de la température extérieure. On y parvient assez régulièrement en munissant les poêles à gaz d'un *thermo-régulateur*, c'est-à-dire d'un instrument *régulateur des températures* imaginé par M. Benoît. L'instrument est représenté par la figure 2, en coupe et avec sa légende explicative : on peut y suivre le passage du gaz depuis l'orifice G d'entrée, jusqu'à l'orifice de sortie P, par où il se rend au poêle calorifère. Le fonctionnement en est si régulier que la température de chaque salle est maintenue constante, à 1/10e de degré près, aussi longtemps que la température extérieure reste inférieure à celle pour laquelle l'instrument a été réglé.

Toutes les expériences très délicates sont exécutées dans des salles ainsi aménagées. Les salles de l'avant-corps (salles 7 à 10, fig. 4) et les salles récemment construites (11, 12 et 13)

sont destinées à des recherches pour lesquelles une température rigoureusement constante est moins nécessaire.

Ajoutons enfin que les parquets des salles sont suspendus sur des poutrelles appuyées aux murs, tandis que les instruments sont portés sur des piliers qui reposent directement sur le sol. Ces piliers traversent les planchers, auxquels ils ne sont reliés que par des toiles, qui sont préservatrices de la poussière ou des courants d'air, mais incapables de transmettre ces trépidations.

Les travaux du Bureau international se rapportent à tout ce qui concerne la *Métrologie de précision*, c'est-à-dire cette partie de la science des mesures qui s'applique spécialement aux *prototypes* représentatifs des *unités fondamentales* de dimensions et de masse, le *mètre* et le *kilogramme*, et aux *étalons*[1] de premier ordre qui en dérivent et sont employés dans les recherches expérimentales visant à une haute exactitude. Dans son domaine rentrent, non seulement les déterminations et les études des étalons, mais aussi celles des diverses *constantes physiques* qui interviennent dans les mesures, et, en général, toutes les questions qui peuvent intéresser le perfectionnement des étalons eux-mêmes, des méthodes et des instruments d'observation.

L'une des premières tâches qui incombèrent au Bureau, aussitôt que son installation fut suffisamment avancée, que ses principaux instruments eurent été mis en place, et que les méthodes d'observation eussent été fixées dans tous leurs détails par des études préliminaires, fut la détermination des nouveaux prototypes métriques qui venaient d'être créés par la Commission internationale du mètre. Ce travail considérable a occupé le Bureau pendant plusieurs années. Les études qu'il devait comprendre furent réparties entre un certain nombre d'observateurs. M. Benoît eut à s'occuper particulièrement, avec M. Ch.-Ed. Guillaume, de la mesure des dilatations des nouveaux mètres. Antérieurement déjà, il avait été adjoint à la Commission mixte qui fit, au Conservatoire des arts et métiers, les déterminations nécessaires pour établir la liaison entre les nouveaux étalons de longueur et l'ancien mètre des Archives. Lorsque tous ces travaux furent terminés, M. Benoît en rendit compte, dans un rapport détaillé, à la *Conférence générale des poids et mesures*, réunie à Paris en 1889, et composée des délégués des gouvernements signataires de la Convention[1]. Ils en sanctionnèrent les résultats, adoptèrent comme étalons fondamentaux du système métrique, devenu universel, les *prototypes internationaux* du mètre et du kilogramme, proposés par le Comité, et reçurent les *prototypes nationaux* qui devaient servir de bases, dans tous les pays, à une unification générale des mesures.

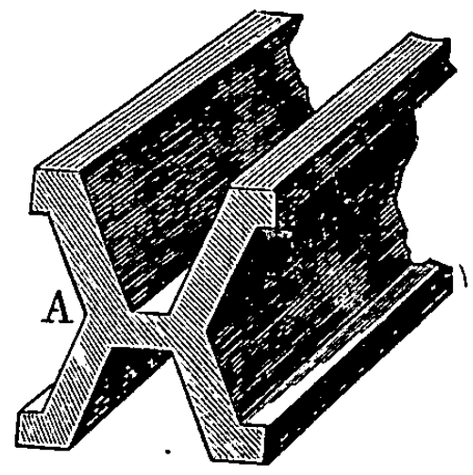


FIG. 3. — FRAGMENT DU MÈTRE INTERNATIONAL MONTRANT LA COUPE EN X.

Le *mètre international*, ainsi que ses copies de premier ordre, consiste en une barre en *platine iridié* A (fig. 3), en forme de X de 20 mm. de côté. Cette barre a 102 cm. de longueur et porte près de ses extrémités une surface polie sur laquelle on a tracé trois traits distants de 5 dixièmes de millimètre : c'est le trait du milieu qui définit l'une des extrémités du mètre.

1. On sait qu'on appelle *étalon*, en physique, la représentation matérielle d'une unité de mesure. L'étalon prototype, une fois établi et construit, sert ensuite à vérifier l'exactitude des unités de même espèce, fabriquées pour les besoins de la science et de l'industrie. Ainsi le *Mètre étalon des Archives*, qui avait été déposé aux Archives de France le 4 Messidor an VII, consiste en une barre plate de platine pur, aggloméré par compression ; ses extrémités sont légèrement arrondies, et c'est la distance du milieu des faces terminales de cette barre, à la température de la glace fondante, qui pendant longtemps a défini le *mètre*, unité fondamentale du *Système métrique* (voir le *Dictionnaire des Sciences*, librairie Ch. Delagrave).

1. La Conférence se réunit au ministère des Affaires étrangères de France, le 24 septembre 1889, sous la présidence de M. Spuller, et tint ses autres séances au Pavillon de Breteuil, les 26 et 27 septembre sous la présidence de M. des Cloizeaux. Voici la formule adoptée à l'unanimité par les délégués des 18 États représentés à la Conférence.

La Conférence générale sanctionne :

A. — *En ce qui concerne les prototypes internationaux :*

1° Le prototype du *mètre*, choisi par le Comité international : ce prototype représentera désormais, à la température de la glace fondante, l'*unité métrique de longueur ;*

2° Le prototype du *kilogramme*, adopté par le Comité international : ce prototype sera considéré désormais comme *unité de masse ;*

3° L'*échelle thermométrique à hydrogène*, par rapport à laquelle les *équations* des mètres ont été établies.

B. — *En ce qui concerne les prototypes nationaux :*

1° Les *mètres en platine iridié*, dont les équations par rapport au prototype international sont renfermées dans la limite de 0,01 mm. avec une erreur probable ne dépassant pas 0,0002 mm.

2° Les *kilogrammes en platine iridié*, dont les équations sont renfermées dans la limite de 1 mmg. avec une erreur probable ne dépassant pas 0,05 mmg.

C. — *En ce qui concerne l'équation des prototypes nationaux :*

Les équations des prototypes nationaux, telles qu'elles ont été déterminées au Bureau international, sous la direction du Comité international et inscrites dans le rapport de Conch et sur les certificats accompagnant ces prototypes.

La forme du profil en a été adoptée à la suite des études d'Henri Tresca, qui portèrent sur seize formes différentes. Il reconnut que celui qui possède le plus grand *coefficient de raideur*, pour des dimensions données, est le profil en X avec talons (fig. 3). Quant à l'étude de la matière, elle avait été confiée à l'illustre chimiste Henri Sainte-Claire Deville. Le platine *pur* étant trop mou, il proposa, après de nombreux essais, de s'en tenir à un alliage de platine avec 10 p. 100 d'iridium.

Quant au prototype (déposé au Bureau international) du kilogramme étalon international, il est constitué par un cylindre de platine, iridié à 10 p. 100, dont la hauteur est égale au diamètre et dont les arêtes sont arrondies.

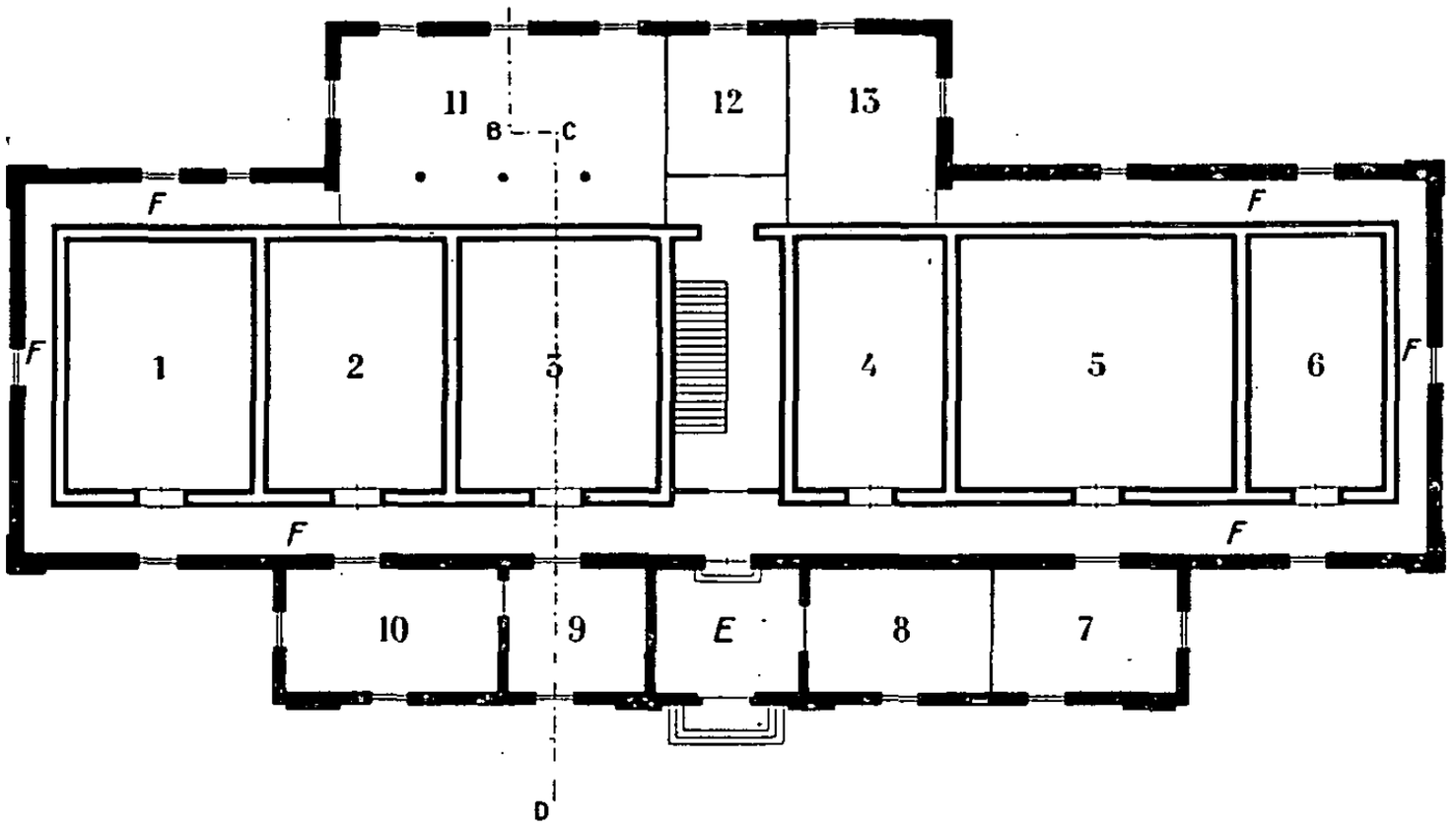


FIG. 4. — PLAN DE L'OBSERVATOIRE DU BUREAU INTERNATIONAL SITUÉ A L'OUEST DU PAVILLON.

Salles. — 1, Comparateur géodésique. — 2, Comparateur universel. — 4, Comparateur à dilatation, appareil Fizeau, petit baromètre. — 4, Comparateur Brunner et Hartmann. — 5, Balances, grand baromètre, machine à diviser. — 6, Appareil Michelson, balance hydrostatique. — 7, 8, Thermomètre à gaz. — 9, 10, Étude du thermomètre à mercure et de l'élasticité des métaux. — 11, Mesures électriques et expériences d'optique. — 12, Batterie d'accumulateurs. — 13, Manipulations chimiques. — E, Vestibule d'entrée. — F, Couloir entourant les principales salles d'observation. — La base géodésique est située au-dessous du couloir antérieur FF.

Les mesures de dilatations que M. Benoît eut l'occasion de faire à cette époque par la méthode interférentielle de Fizeau, sur un grand nombre d'échantillons de métaux ou de matières diverses, le conduisirent à reprendre la question encore controversée, de la *variation de l'indice de réfraction de l'air avec la température*. Il établit la loi sur laquelle M. Daniel Berthelot a fondé récemment une méthode optique de mesure des températures élevées.

Pendant ce temps, et postérieurement, le Bureau eut à étudier un très grand nombre d'étalons de natures diverses. Ces études peuvent se classer, au point de vue de leur objet, sous trois chefs principaux différents.

Les unes ont eu pour but de fixer, plus exactement qu'on ne les connaissait jusqu'alors, les rapports entre les unités métriques et les unités d'autres systèmes de mesures, soit anciens et aujourd'hui abandonnés, soit encore usités chez les nations étrangères. Telles sont par exemple, les déterminations faites par M. Benoît sur la célèbre *toise du Pérou*, qui servit aux opérations de Bouguer et Lacondamine sous l'Équateur, et devint plus tard l'étalon fondamental de nos mesures françaises [1]. Telles encore les séries d'études qu'il exécuta, après entente entre le Comité et le gouvernement anglais, pour établir le rapport exact du *yard* (fig. 5) et du mètre. Celles-ci ont abouti à une modification de la loi anglaise, qui a, depuis, substitué la nouvelle relation qui en est résultée à celle

1. La toise vaut exactement, en mètres, 1,9490365912 (*Annuaire du Bureau des longitudes*). En 1823, Bessel avait fait construire par Fortin une copie de la *Toise du Pérou*, qui était une simple règle plate de fer terminée par des surfaces sensiblement planes et perpendiculaires à sa longueur. En prenant pour unité cette *toise du Pérou* (employée par Delambre et Méchain dans la mesure du méridien), l'ensemble des mesures géodésiques donnait pour le mètre la valeur 3 p. 11^{l},296 ou 443^{l},296. C'est cette valeur que les législateurs adoptèrent pour la longueur du *mètre légal*. C'est aussi celle du *mètre étalon* déposé aux Archives. D'après les mesures géodésiques modernes, la dix-millionième partie du quart du Méridien terrestre est plus grande que le mètre légal d'environ 0^{m},002.

qu'elle avait conservée jusque-là, d'après les anciennes expériences de Kater et d'Arago, bien que depuis longtemps, on la sût très sensiblement erronée[1].

Une seconde série de déterminations a porté sur des étalons ayant joué un rôle plus ou moins important dans l'histoire de la science, et a

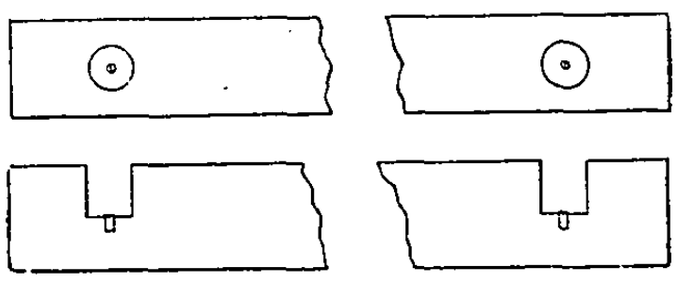


FIG. 5. — YARD ÉTALON
Coupe longitudinale et plan.

permis de rectifier certaines données qui en avaient été déduites. Dans cette catégorie, je citerai les règles, dites *règles de Borda*, qui furent employées, il y a un peu plus d'un siècle, pour la mesure des bases de la méridienne de France; — le mètre d'après lequel Angström établit ses tables de longueurs d'ondes, et qui était malheureusement assez inexact; — et surtout la toise de l'observatoire de Kœnigsberg, dite *toise de Bessel*, qui a servi, plus ou moins directement, de point de départ, à la plus grande partie des triangulations faites en Europe, hors de France, pendant le XIX^e^ siècle. La rectification des constantes de cet étalon, résultant des mesures de M. Benoît, a fait disparaître quelques-unes des anomalies les plus importantes de la géodésie européenne.

La troisième catégorie se rapporte aux étalons divers, en grand nombre, qui ont été déterminés, puis distribués, dans tous les pays du monde civilisé, pour leurs services publics (services des poids et mesures, services géographiques, nivellements, observatoires, laboratoires des Universités) et aussi pour des particuliers, savants ou constructeurs. Toutes ces études ont été d'ailleurs l'occasion de perfectionnements successifs introduits, soit dans les méthodes, soit dans les instruments, soit dans les étalons eux-mêmes.

Parmi les applications les plus importantes de la métrologie de haute précision, se placent au premier rang celles qui concernent les opérations géodésiques, dont je viens déjà de dire un mot.

1. Le *yard impérial* vaut exactement, en mètres, 0,91438348. Il vaut 3 *pieds anglais* (*foot*) et 36 *pouces anglais* (*inch*).

Ainsi, parmi les étalons, une classe qui présente un intérêt tout particulier est celle des grandes règles qui servent, sur le terrain, à mesurer les *bases* sur lesquelles s'appuient les *triangulations*[1]. Presque toutes les règles des grands appareils de base existant actuellement sont venues à Breteuil, et quelques-unes à plusieurs reprises : telles sont les règles géodésiques des Services géographiques de France, d'Allemagne, d'Autriche, d'Espagne, de Russie, de Suède, de Norvège, d'Égypte, de la République argentine, de la colonie du Cap. M. Benoît a dirigé toutes les études dont elles ont été l'objet, et y a pris part personnellement : les déterminations de ce genre exigent toujours des collaborateurs plus ou moins nombreux. L'ensemble de ces travaux a eu pour effet d'introduire dans la géodésie générale du globe terrestre entier

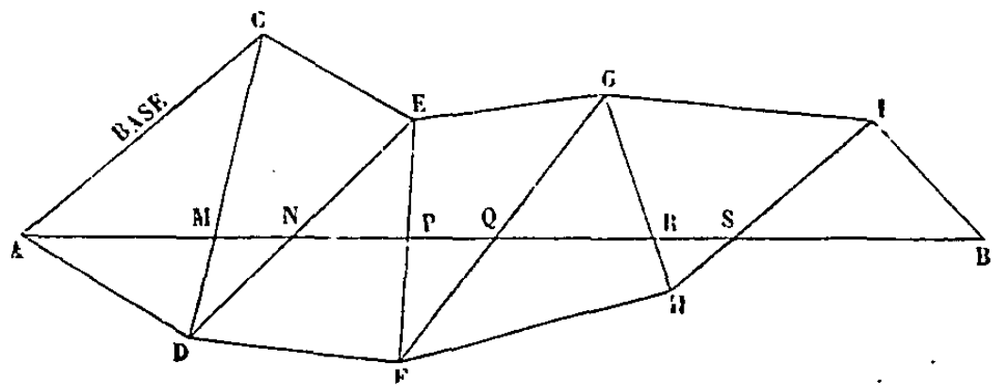


FIG. 6. — TRIANGULATION.

une homogénéité et une unité qui n'existaient pas jusqu'à ce moment.

En outre, l'étude de ces diverses règles et la comparaison de leurs inconvénients respectifs ont amené MM. Benoît et Guillaume à proposer des dispositifs entièrement nouveaux. Dans ces appareils, ils ont appliqué d'une façon générale les mêmes principes qui ont dirigé la construction des nouveaux prototypes métriques et ils ont utilisé les propriétés remarquables des *alliages d'acier-nickel à très faible dilatation*, découverts par M. Guillaume. Plusieurs règles de ce type sont actuellement construites, ou en cours de construction, pour le Bureau international lui-même, et pour les Services géographiques de la France, du Mexique, de la Russie et du Japon. Remarquons que l'emploi de ces alliages à faible dilatation est

1. Nous rappelons qu'on appelle *triangulation* l'ensemble des opérations géodésiques qui ont pour objet de déterminer des triangles sur le terrain (fig. 6), en vue de mesurer une ligne donnée, par exemple un arc de méridien. On a recours à la triangulation toutes les fois qu'on ne peut exécuter une mesure directe. Toutefois, il faut toujours partir d'une *base*, c'est-à-dire d'une ligne mesurée directement : mais celle-ci, on peut la prendre comme on veut et où l'on veut, par conséquent sur un terrain uni, et assez courte pour qu'on puisse recommencer la mesure plusieurs fois, de manière à obtenir une approximation fixée d'avance. (Voir *Dictionnaire des Sciences*, Ch. Delagrave.)

particulièrement avantageux dans toutes les mesures où l'on recherche la précision sans être absolument maître de la régulation de la température. Or les mesures géodésiques sont le type le plus important des opérations de cette nature.

Dans sa session tenue à Paris en 1901, l'Association géodésique internationale a chargé le Bureau de faire une étude complète d'un autre procédé pour la mesure des bases, récemment proposé et développé par un géodésien suédois, le Dr Jäderin, procédé dans lequel on emploie des fils métalliques tendus sous tension constante. Cette demande a été l'origine de toute une série de nouvelles recherches, en vue desquelles on a établi, dans l'observatoire de Breteuil, une base d'étalonnage de 25 mètres; et, dans une allée du parc de Saint-Cloud, à proximité du Bureau, une base d'étude de 552 mètres de longueur. Divers perfectionnements ont été apportés, soit à la méthode, soit aux appareils; et des fils peu dilatables, déterminés par les travaux de MM. Benoît et Guillaume, sont déjà actuellement employés dans beaucoup de pays.

Une autre application de la métrologie de précision, qui intéresse la géodésie, est celle qui concerne la mesure de l'intensité de la pesanteur. M. Benoît a encore collaboré aux expériences de cette nature qui ont été faites, il y a quelques années, au Bureau international par le colonel Defforges. Là encore l'alliage acier-nickel *à faible dilatation* a trouvé un emploi avantageux dans la construction des *pendules compensés*. On obtient la compensation complète de la dilatation d'une tige d'acier-nickel simplement en posant sur l'écrou une lentille de fonte ou de laiton, de dimensions telles que sa variation remonterait le centre d'oscillation d'autant que les changements de tige l'abaissent. Ou bien on peut entailler la lentille jusqu'à son centre et la faire reposer sur un cylindre extensible.

Dans un autre ordre d'idées, M. Benoît a été aussi le collaborateur du professeur américain Michelson, lorsqu'il est venu, sur l'invitation du Comité, appliquer ses belles méthodes interférentielles à la détermination de la valeur de l'unité métrique en *longueurs d'ondes* lumineuses [1]. Depuis lors, M. Benoît a eu l'occasion d'appliquer seul ces mêmes méthodes à quelques problèmes de métrologie. En effet, les longueurs d'ondes bien déterminées, comme celles du *cadmium*, par exemple, sont de véritables étalons de longueur, immuables, indépendants des variations de la matière, et qui peuvent constituer un contrôle permanent de la longueur du mètre étalon. Elles sont susceptibles de servir d'intermédiaires entre le mètre et toute autre longueur de faible étendue qu'on se propose de déterminer. Pour la première fois, M. R. Benoît a mesuré directement, en partant des radiations du cadmium, des étalons à trait du *millimètre* et du *centimètre*. Puis cette méthode a été appliquée par M. Chappuis, d'une part, et par MM. Macé de Lépinay, Pérot et Fabry, d'autre part, pour déterminer des épaisseurs, dans le cas où elles sont définies par la distance des faces planes et parallèles d'un corps transparent.

1. Voir *la Science au XXe siècle*, n° 1.

En dehors des études précédentes, qui se rapportent à la Métrologie proprement dite, M. Benoît collabora avec MM. Mascart et de Nerville, à un travail d'ensemble entrepris en vue d'établir l'unité de résistance électrique, et sa valeur en colonne mercurielle. Ces expériences conduisirent au nombre 106 cm. 33, comme donnant la longueur de la colonne de mercure de 1 mm² de section qui représente cette unité. D'autres physiciens proposèrent au Congrès de 1884 des nombres sensiblement plus faibles; et l'on dut alors, pour mettre tout le monde d'accord, s'arrêter à la valeur *ronde* 106 centimètres : ce fut l'*ohm légal*. Depuis, de nouvelles mesures, faites par des méthodes perfectionnées, ont donné raison aux premiers expérimentateurs, et l'ohm *international* a été finalement fixé à 106 cm. 3.

A la suite de cette Conférence de 1884, dite *Conférence des unités électriques*, qui avait défini l'ohm, comme étant *la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de 106 centimètres de longueur, à la température de la glace fondante*, le Ministre des Postes et télégraphes confia à M. Benoît la mission de construire des prototypes de l'ohm légal. M. Benoît construisit 4 étalons avec 4 tubes de verre, dont la section était voisine de 1 mm²; chacun d'eux fut calibré et jaugé, puis coupé aussi près que possible de la longueur exacte que l'on devait obtenir. Leur longueur définitive fut ensuite mesurée; et de l'ensemble des données établies par ces diverses mesures, on put déduire la valeur de chacun d'eux. Il résultait

de toutes ces données que l'exactitude atteinte dans la représentation de l'ohm, par la moyenne des 4 étalons ainsi construits, est de l'ordre de *un cent-millième d'ohm*.

La métrologie de précision ne vit et n'est intéressante que par l'extrême détail. C'est par l'examen minutieux de toutes les circonstances qui accompagnent une expérience, de tout ce qui, peu ou prou, de près ou de loin, dans les méthodes, dans les instruments, dans les objets soumis à l'observation, dans les conditions ambiantes, peut influencer un résultat, qu'on arrive à faire ce qu'on peut résumer d'un mot : *bien mesurer*. Les perfectionnements et les progrès accomplis dans cette voie ont été tels que la précision de nos mesures actuelles est, couramment, vingt ou trente fois supérieure, et, dans certains cas, cent fois supérieure à celle que l'on considérait il y a un siècle comme représentant l'extrême limite de ce qui est accessible à la pénétration de nos sens. Le Bureau international des poids et mesures a joué certainement son rôle dans cette évolution. Il a, de plus, rendu le très grand service d'établir universellement *l'unification des mesures*; et il a si bien su, en une vingtaine d'années, justifier et établir son autorité en pareille matière, qu'il est aujourd'hui l'arbitre incontesté, dans le monde entier, pour tout ce qui touche aux mesures de haute précision.

FIG. 7. — M. J.-RENÉ BENOÎT.
Directeur du Bureau international des poids et mesures, membre correspondant de l'Académie des sciences.

De plus — comme le fait remarquer M. Ch.-Ed. Guillaume, dans son excellent ouvrage [1] que j'ai plusieurs fois mis à contribution — le Bureau international fut le premier Institut créé en vue des recherches de science pure ou appliquée, avec un personnel spécial, complètement étranger à l'enseignement de l'Université ou des grandes écoles. L'obligation *unique* d'expérimenter a permis à ce personnel de se consacrer exclusivement à des travaux de longue haleine et d'aboutir à des résultats pratiques très importants.

Cette conception nouvelle du rôle que peut jouer le physicien, dans la science et dans l'industrie, a fait école, et l'on peut dire que le célèbre Institut physico-chimique de l'empire allemand n'est qu'une imitation plus large, plus variée, plus puissante et plus riche du Bureau international. Et l'Institut physico-technique, récemment inauguré à Paris, au Conservatoire des arts et métiers, sous le nom de *Laboratoire d'Essais mécaniques, physiques et de machines* peut être considéré également comme une sorte de *Filiale* du Bureau international de Sèvres.

M. Benoît a été l'un des principaux collaborateurs de cette œuvre qui est si considérable au point de vue économique autant qu'au point de vue technique. Et sa part a été d'autant plus grande que ses efforts ininterrompus ont imprimé l'esprit de suite aux travaux entrepris et que son activité infatigable a eu l'occasion de se répartir en outre sur une quantité de détails divers, dont il est impossible de faire comprendre l'intérêt ou l'importance en quelques mots ou en quelques lignes. Mais je crois toutefois en avoir assez dit pour démontrer à quel point l'élection de M. Benoît était justifiée, et je dirais presque imposée non seulement par la quantité et la qualité de ses travaux, mais encore par la haute importance scientifique, technique et économique du grand établissement auquel il a consacré toute sa vie scientifique.

G. MANEUVRIER.

1. *La Convention du mètre et le Bureau international des poids et mesures*, par Ch.-Ed. Guillaume, directeur-adjoint, Gauthier-Villars, 1902.

MÉTÉOROLOGIE

LES PROVERBES MÉTÉOROLOGIQUES; LE DICTON DE LA SAINT-MÉDARD.

Les dictons, dans lesquels nos ancêtres avaient condensé leurs connaissances des phénomènes météorologiques, se divisent en deux catégories bien distinctes.

Les uns sont l'expression, plus ou moins approchée, et, aussi, plus ou moins naïve, de remarques généralement exactes sur la succession des transformations atmosphériques. Maintenant encore, leur justesse permet aux habitants des campagnes de faire de la prévision du temps *locale*, et quelquefois très sûre. Ils sont fondés sur l'observation des halos solaires, des couronnes lunaires, ou de l'aspect du ciel et des nuages aux divers moments de la journée, du brouillard, de la direction du vent et, pour la plupart, des phénomènes indiquant une grande humidité atmosphérique. Tous les signes apparents de l'arrivée d'une dépression, par suite du mauvais temps qui l'accompagne généralement, sont examinés dans ces dictons.

Un halo autour du soleil ou de la lune est signe de pluie, dit une remarque très ancienne. C'est ce que confirme exactement une statistique faite par Abercromby. De 1876 à 1882, 155 halos solaires furent observés à Londres. De ce nombre, 122 furent suivis de pluie le jour même ou les deux jours suivants; pendant la même période, sur 61 halos lunaires observés, 53 ont été suivis de pluie, dans un délai de trois jours.

Un autre adage : *Arc-en-ciel du matin, pluie sans fin; arc-en-ciel du soir, il faut voir*, s'explique parfaitement par ce que nous savons maintenant de la variation diurne des phénomènes atmosphériques et de la marche générale vers l'est des dépressions de nos régions. Ainsi, si le temps est pluvieux le matin, on peut s'attendre, d'après la variation diurne moyenne, à ce que le vent et la pluie augmentent jusque dans l'après-midi. Au contraire, si l'arc-en-ciel se produit le soir, par conséquent dans la moitié orientale du ciel, les averses peuvent être dues à l'arrière d'une dépression qui s'éloigne vers l'est et entraîne avec elle le mauvais temps qui l'accompagne. « Il faut voir », dit ce proverbe très sage.

Ainsi les dictons de cette première catégorie sont l'interprétation de faits généralement exacts; ils représentent, peut-on dire, les connaissances scientifiques des anciens en météorologie.

Il n'en est pas tout à fait de même pour la seconde classe de dictons que nous allons examiner. Ce sont ceux qui prévoient pour une date de l'année, toujours fixée par le saint honoré ce jour-là, pour une période, pour un mois ou une saison, un temps bien déterminé. A les prendre à la lettre, ces proverbes sont généralement inexacts, et paraissent le résultat de superstitions plus ou moins lointaines. A les prendre en gros cependant, certains expriment ce que doit être le temps dans une année normale.

S'il tonne en avril, prépare ton baril, dit le proverbe. Il faut considérer le proverbe comme exprimant que, dans une année normale, où l'abondance est moyenne, il doit tonner au mois d'avril, et cette interprétation ne soulève pas d'objection.

Les plus inexacts de ces proverbes sont ceux qui se rapportent à une date fixe et parmi ceux-là se trouvent les proverbes de la Saint-Médard et de la Saint-Gervais.

Le 8 juin, on disait d'après un livre du XVI^e^ siècle :

> Du jour de Sainct Mesdard en juin,
> Le laboureur se donne soin :
> Car les anciens disent s'il pleut,
> Que trente jours durer il peut.

Beaucoup de ces proverbes, entre autres celui que nous venons de citer, sont antérieurs à la réforme du calendrier Julien. On sait qu'en 1582 le pape Grégoire XIII décida que le lendemain du 4 octobre serait le 15, supprimant ainsi dix jours résultant de l'accumulation, dans le calendrier Julien, de l'écart entre la durée exacte de l'année tropique et celle qui avait été admise. Ainsi, en 1582 l'équinoxe du printemps eut lieu le 11 mars, tandis qu'en 1583, il se produisit le 21 mars, à la date actuelle. Cette réforme fut appliquée en France au mois de décembre.

De cette modification, il résultait, naturellement, qu'un proverbe météorologique qui se rapportait à une date fixée dans l'ancien calendrier, se rapportait dans le nouveau à une date de dix jours en retard, et comme les saints continuaient à être fêtés aux mêmes dates, il en

résultait que tous les proverbes dont la date était déterminée par un saint devaient être modifiés. C'est ce que comprirent d'ailleurs parfaitement les contemporains.

Dans un livre très curieux publié à Rouen, en 1640, et intitulé : *Almanach ou pronostication des laboureurs, resduite selon le calendrier Grégorien, par maistre Anthoine Maginus, dit l'Hermite Solitaire*, les proverbes sont ainsi modifiés et rapportés à leurs nouvelles dates.

Dans l'ancien calendrier, on disait par exemple:

Le soleil croît à la Sainte-Luce,
Autant que le saut d'une puce.

C'était exact alors, la Sainte-Luce tombant le 12 décembre, c'est-à-dire, à cette époque, le lendemain du solstice d'hiver. Ce ne l'est plus maintenant, mais le proverbe est encore cité, et cependant Antoine Maginus avait proposé de le remplacer par le suivant :

Le soleil, la veille
Du Noël, s'esveille;
A la Sainct-Anthoine,
Du repos d'un moine.

qui se trouve parfaitement exact, les jours augmentant de quelques minutes à partir du 22 décembre.

Du dicton de la Saint-Médard, le 8 juin, Maginus fait une modification se rapportant au 18, c'est-à-dire à la veille de la Saint-Gervais :

S'il pleut la veille Sainct-Gervais,
Pour les bleds, c'est signe mauvais,
A cause que par trente jours,
Le temps humide aura son cours.

Mais il y en avait déjà un se rapportant à la Saint-Gervais, le 19; Maginus le transforme pour qu'il se rapporte au 29 :

Sainct Pierre et sainct Paul pluvieux
Pour trente jours sont dangereux.

Chaque dicton de l'ancien calendrier se trouve ainsi reporté par notre auteur à une autre date, mais en réalité à la même époque de l'année. Il est curieux de remarquer, — je n'ai pas trouvé que cela ait été fait, — que les nouveaux dictons qui avaient pour but de remplacer les anciens qui devenaient forcément inexacts, ne les ont pas du tout remplacés et que maintenant encore on trouve énoncés, sans distinction, les uns et les autres. On voit, par exemple, à la suite l'un de l'autre, le dicton de la Saint-Gervais, et celui de la Saint-Pierre et Saint-Paul, qui devait rationnellement lui être substitué. Ainsi la réforme du calendrier en 1582, a eu pour effet de doubler le nombre des proverbes météorologiques, et sans doute, s'il y en avait eu une seconde, leur nombre aurait été quadruplé.

Le dicton de la Saint-Médard, tel qu'on l'énonce maintenant, ne correspond pas du tout à ce que nos ancêtres voulaient exprimer. Ceux-ci disaient : « S'il pleut à une certaine époque de l'année, il pleut encore trente jours après », et cette époque correspond maintenant, dans notre calendrier actuel, non pas au 8 juin, mais au 18. De même, le proverbe de la Saint-Gervais s'applique maintenant au 29 juin de notre calendrier. C'est donc en prenant le 18 et le 29 comme jours critiques que l'on devrait faire leur vérification.

D'ailleurs, que l'on prenne l'une quelconque de ces trois dates, le 8, le 19 ou le 29, on ne trouve pas que pour aucune d'elles le dicton soit bien justifié. Le docteur Bérigny a fait cette vérification pour la Saint-Médard. D'après le relevé des observations pluviométriques faites à l'Observatoire de Paris de 1812 à 1844 inclusivement, il résulte que dans cette période de trente-trois ans, le proverbe ne s'est pas réalisé complètement une seule fois.

La moyenne des jours de pluie et des jours de beau temps après la date du 8 juin est à très peu près la même, qu'il ait plu ce jour-là où que le temps soit resté beau. Pendant la période de trente-trois ans examinée par M. Bérigny, il n'a plu que dix-huit fois le jour de la Saint-Médard et le total des jours de pluie pendant la quarantaine suivante s'est élevé à 323, soit en moyenne dix-huit par an. Les quinze fois où il n'a pas plu le 8 juin, le nombre des jours sans pluie s'est élevé à 254, soit dix-sept par an; la différence est insignifiante.

Le dicton de la Saint-Médard n'est donc nullement fondé, pas plus, d'ailleurs, que celui de la Saint-Gervais, pour lequel les mêmes statistiques ont été faites.

En outre, comme on l'a déjà fait remarquer, il ne pleut pas toujours simultanément en deux endroits même relativement peu distants l'un de l'autre, comme Paris et Vendôme, par exemple; et, comme le préjugé est général, il faudrait admettre que certaines localités, celles où il n'a pas plu le 8 ou le 19, sont privilégiées par rapport à d'autres, voisines, où il a plu à l'une de ces deux dates. Cette raison suffirait sans doute pour montrer combien les adages de la Saint-Médard et de la Saint-Gervais sont injustifiés, s'il n'y avait déjà celles qui ont été données précédemment.

CH. GOUTEREAU.

CHIMIE INDUSTRIELLE

LE PÉTROLE ET LE GAZ NATUREL DE BAKOU (CAUCASE).

Parmi les innombrables découvertes qui, au XIX^e^ siècle, ont enrichi les peuples civilisés, celle des moyens d'exploitation du pétrole est, sans aucun doute, l'une des plus importantes.

En effet, les produits qu'on retire de l'huile minérale, ainsi que leurs usages, sont des plus variés. Le pétrole brut est un liquide généralement noir et visqueux. Cependant, dans certaines régions, il est blanc et susceptible d'être

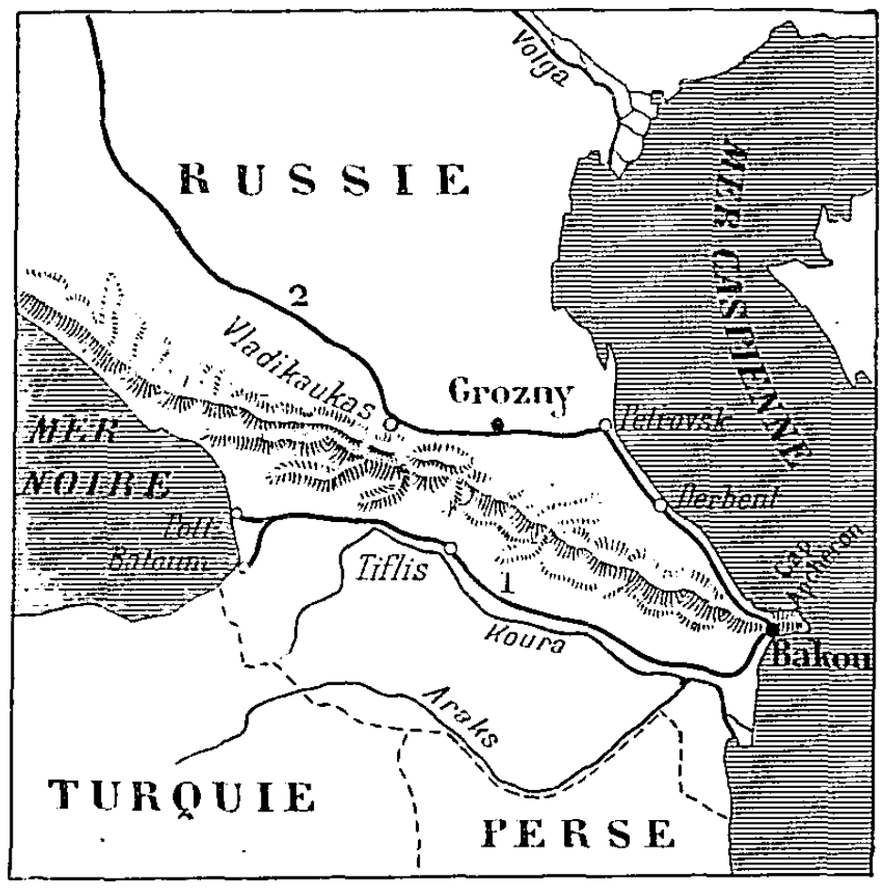


FIG. 1.

1. Chemin de fer transcaucasien reliant Bakou à la mer Noire.
2. Chemin de fer de Vladikaukas reliant Bakou à la Russie d'Europe.

employé comme *huile lampante*, sans raffinage préalable.

Pour le raffiner, on le chauffe dans des alambics spéciaux, d'où se dégagent successivement : l'*essence minérale*, l'huile lampante légère, l'huile lampante lourde, et, enfin, les *huiles lubréfiantes*. Il reste dans les alambics un résidu noir, très dense et gluant, qui sert à la préparation de l'*asphalte* ; mais, dans la plupart des cas, ce résidu est employé comme combustible.

L'huile minérale américaine est très légère ; elle laisse fort peu de résidus inutilisables. Le pétrole du Caucase est beaucoup plus lourd, ce qui oblige souvent les pétroliers de Bakou à limiter la distillation aux essences et à l'huile lampante légère, afin de pouvoir utiliser le résidu avec plus de profit.

La distillation, ainsi limitée, laisse un résidu qui sert de combustible soit dans les usines soit pour les chaudières de locomotives et de bateaux à vapeur. Les chemins de fer du midi de la Russie, la marine marchande de la mer Caspienne et les bateaux naviguant sur le Volga n'emploient presque pas d'autre combustible.

Pour les chaudières à pétrole on se sert du résidu de la première distillation, comme il a été dit plus haut, ou bien de pétrole brut.

Le produit de la première distillation, l'essence minérale, a trouvé dans ces dernières années un emploi considérable dans les moteurs à pétrole. Il a contribué ainsi au développement d'une nouvelle et importante branche des sciences appliquées, à la construction des automobiles.

Quant aux autres produits de distillation de l'huile minérale, tels que huiles lampantes et huiles lubréfiantes, leur usage est devenu populaire et de première nécessité.

Nous voyons par ce rapide exposé que l'huile minérale occupe une place des plus importantes dans l'industrie moderne, et que la connaissance des moyens de son extraction de la terre n'est pas dépourvue d'intérêt.

On trouve le pétrole un peu partout, en Amérique du Nord et du Sud, au Japon, en Chine, aux Indes, au Caucase, en Asie Mineure et, bien qu'en petite quantité, dans l'Europe Occidentale. Mais c'est surtout l'Amérique du Nord et le Caucase qui le fournissent aux marchés du monde entier. Nous nous occuperons ici du pétrole du Caucase, et notamment des sources de Bakou, qui pourraient à elles seules satisfaire aux besoins de tous les peuples. La quantité de pétrole consommée annuellement dans le monde entier a dépassé dans ces derniers temps 20 millions de tonnes, dont 12 millions environ proviennent de la presqu'île Apchéron qui a Bakou pour chef-lieu (fig. 1).

Cette presqu'île est le point terminus, sur la mer Caspienne, du massif principal des monts

Caucase, massif bordé sur toute sa longueur de gisements de pétrole. Mais les endroits les plus riches en huile minérale sont situés sur les rives de la mer Caspienne.

Dans l'antiquité, le Caucase était la grande route par laquelle s'effectuaient le flux et le reflux incessants des peuples de l'Orient et de l'Occident. Tous ces peuples ont participé à l'exploitation des gisements de pétrole, dont les moyens étaient rudimentaires. On creusait des puits ordinaires et *on puisait l'huile avec des sacs en cuir*. Les Russes, venus au Caucase après les autres, s'y sont installés définitivement.

C'est Pierre le Grand qui arrêta le plan de l'expansion russe en Orient. En 1722, il intima à l'un de ses généraux l'ordre de marcher sur la ville de Bakou et de la conquérir : « Car, écrivait l'empereur, elle est pour nous la clef de l'Orient ». Un an après, à la nouvelle de la prise de Bakou, la première chose à laquelle Pierre le Grand pense est le pétrole. Il écrit au même général : « Envoyez-moi immédiatement mille poudes (20 tonnes environ) de naphte blanc ».

Mais une mort prématurée n'a pas permis à cet homme de génie d'achever les grands travaux qu'il avait entrepris. Et l'héritage qu'il a laissé à ses successeurs était trop lourd pour eux. Aussi toutes les régions pétrolifères furent-elles reprises par les Persans, et c'est seulement sous Alexandre I^er^, que les projets du grand réformateur de la Russie ont reçu un commencement d'exécution. Alexandre I^er^ a reconquis Bakou en 1813; c'est à partir de cette date qu'a commencé l'exploitation régulière du pétrole. Mais les moyens d'exploitation étaient toujours les mêmes; on creusait, comme nous l'avons dit plus haut, des puits assez larges et on puisait le pétrole avec des sacs en cuir. Le commerce de l'huile minérale dépassait alors à peine un million de francs par an.

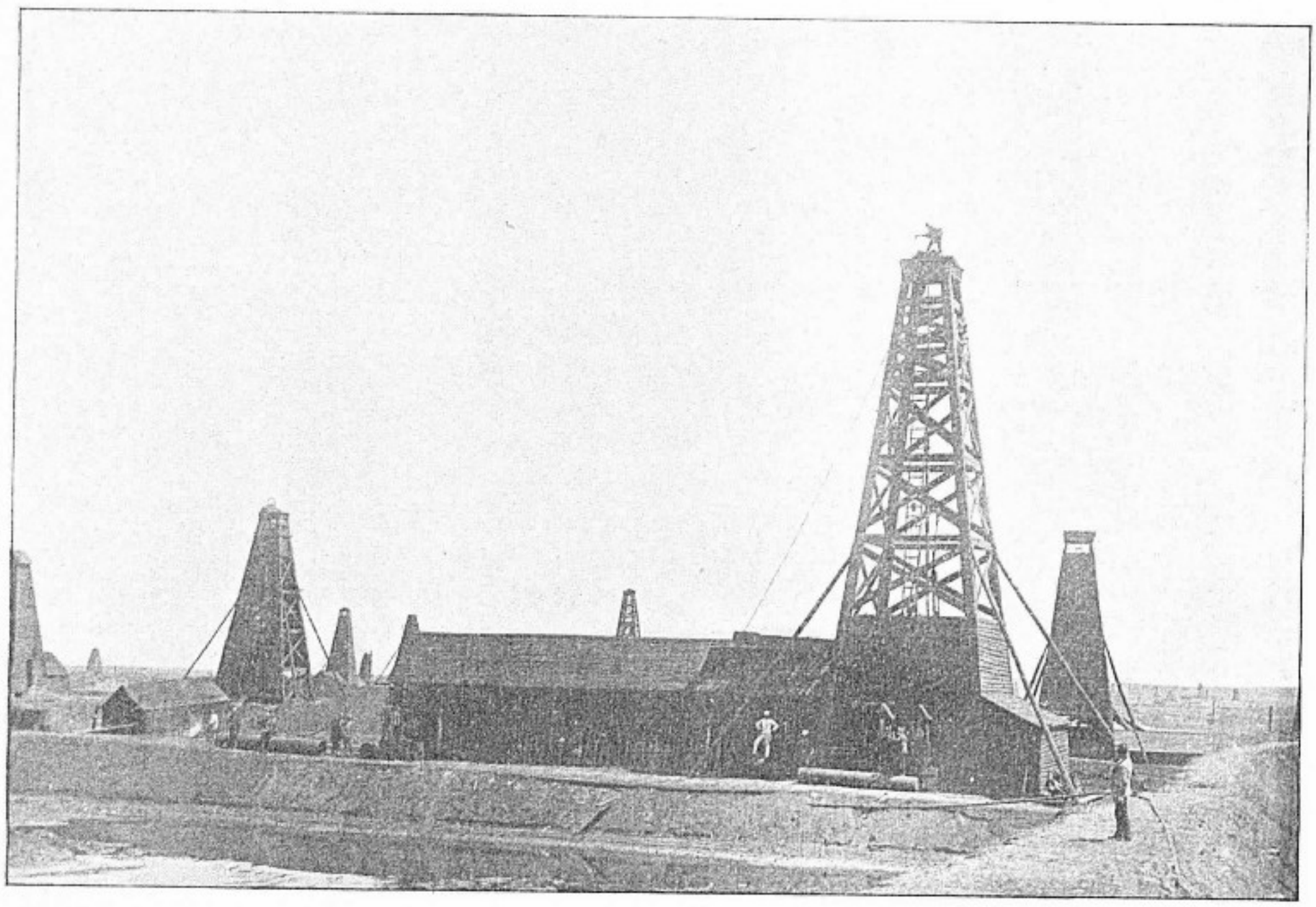


FIG. 2. — CHEVALEMENT EN BOIS SURMONTANT UN PUITS DE PÉTROLE.

Ce sont les Américains qui ont inventé le système actuel de *forage*, grâce auquel l'industrie pétrolière a atteint des proportions colossales. A peine eût-on découvert, en Amérique du Nord, la présence de l'huile minérale dans les puits d'eau salée, que l'exploitation de la substance précieuse a commencé à se déve-

lopper à pas de géant. Les Américains ont vite abandonné le système coûteux et défectueux de puits pour le remplacer par le système du forage. Grâce à cette invention, le pétrole d'Amérique a inondé les marchés des deux continents. Même en Russie, pendant plus de dix ans, on ne consommait que le pétrole américain. Cette poussée formidable a fini par ébranler la quiétude contemplative des Russes, qui se sont décidés, enfin, à abandonner le système des puits, vieux comme le monde asiatique. Les résultats ont dépassé toutes les prévisions. C'est ainsi que, en 1872, le rapport de la quantité de pétrole extrait dans l'Apchéron à

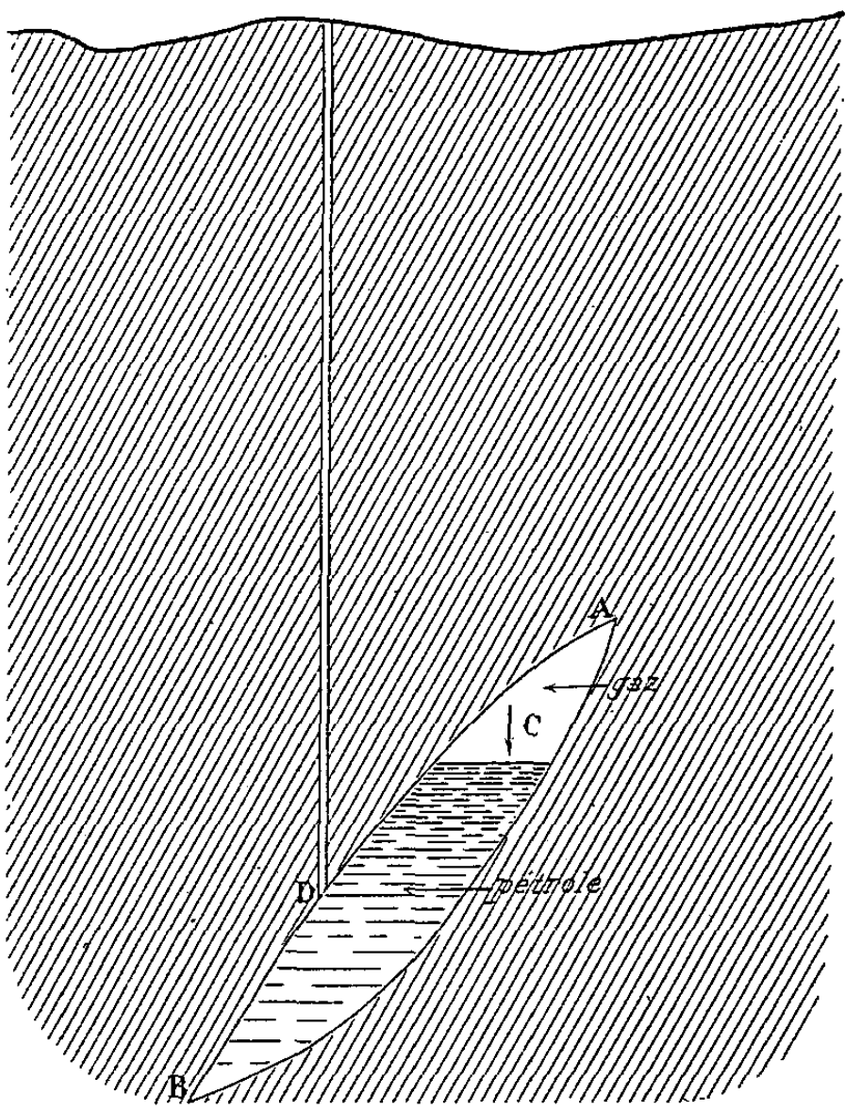


FIG. 3. — COUPE D'UNE POCHE.

celle qui provenait de l'Amérique du Nord était de 1 à 35, tandis que, en 1900, il est devenu de 3 à 2, bien que l'extraction du pétrole en Amérique ait triplé dans cette période de temps. Mais en Russie cette extraction s'est accrue dans la proportion de 1 à 150.

Le procédé de forage se compose essentiellement de deux opérations distinctes : le *forage* proprement dit et le *tubage*.

On perfore l'écorce de la terre, comme on perce une planche au moyen d'un *foret*. Une machine à vapeur soulève le foret, qui est une lourde tige en fonte, suspendue verticalement sur une corde et dont le bout inférieur est taillé en biseau. La corde passe sur une poulie fixée au sommet d'un chevalement en bois (voir fig. 2 et 5) surmontant le puits. Le foret, soulevé par la machine, retombe à l'endroit où on veut creuser. De cette façon, la tige dont le poids dépasse parfois 1 000 kilogrammes, s'enfonce peu à peu dans la terre. Quand le trou est de quelques mètres de profondeur, on retire la sonde, et, après avoir enlevé, au moyen d'une pompe, le sable et les débris de pierres, on enfonce dans le trou des tubes en fer. Cette opération, appelée *tubage*, a pour but de consolider les bords du trou et de permettre d'imprimer au foret un mouvement de rotation rapide. Ce procédé permet de faire des trous de 15 à 20 centimètres de diamètre et dépassant 400 mètres en profondeur. La fin du travail s'annonce ou par l'enfoncement facile du foret ou par l'échappement des gaz.

On peut juger de ce qui se passe à la fin du forage (fig. 3). Le pétrole se trouve généralement dans des cavités formées entre deux couches de terrain soulevées par des causes volcaniques. Le liquide contient toujours des gaz combustibles en dissolution, et une quantité plus ou moins considérable du même gaz remplit la partie supérieure de la cavité. La pression de ce gaz atteint quelquefois 20 atmosphères. Lorsque le forage aboutit, par exemple, au point D de la cavité AB, le liquide monte dans le trou sous la pression du gaz et s'arrête à une hauteur quelconque. Souvent la pression du gaz est si forte que le liquide est projeté en dehors du trou, entraînant avec lui les instruments du travail, le sable et les pierres. Un tel jet peut atteindre jusqu'à 60 mètres de hauteur, déversant sur la terre plusieurs dizaines de tonnes de pétrole par jour. La figure 4 représente la photographie d'un de ces jets. Son propriétaire peut devenir millionnaire en quelques semaines, si le pétrole ne prend pas feu, ce qui est toujours à craindre, car dans les environs de Bakou, les puits sont très rapprochés. Les gaz dissous sous une forte pression se dégagent en abondance à la pression atmosphérique, se diffusant sur des régions entières où les cheminées d'usines abondent. Prenant feu à une de ces cheminées, les gaz allument le jet de pétrole qui répand l'incendie autour de lui. Il est évident que tous les dégâts sont payés par le propriétaire, qui se trouve ainsi ruiné, au lieu de devenir millionnaire.

On n'aime pas les grands jets de pétrole parce qu'ils produisent une baisse considérable des prix en débordant le marché. Pour éviter

les incendies et les paniques du marché, on a cherché à maîtriser ces volcans de naphte et on est arrivé aujourd'hui à les rendre aussi dociles que les petites sources d'eau. Ce résultat s'obtient en fixant à l'orifice du puits un genou en fonte, muni d'un tiroir. En ouvrant plus ou moins ce tiroir, on fait couler le pétrole en quantité voulue, le débit étant déterminé par les conditions du marché.

Mais, dans la plupart des cas, les jets de pétrole ne se produisent pas. On est obligé alors d'extraire l'huile par d'autres procédés. Le procédé le plus employé au Caucase est le puisage au moyen de petits seaux, nommés *jélonka*. Ce sont des cylindres en fer blanc, ayant le diamètre du trou et munis d'un fond mobile qui s'ouvre de bas en haut. On puise aussi au moyen de pompes aspirantes ou, encore, en faisant pénétrer au fond du puits de l'air sous pression.

Les gisements de naphte du cap Apchéron sont les plus riches de tous ceux qui ont été exploités jusqu'ici dans le monde entier.

Tandis qu'en Amérique du Nord plusieurs régions pétrolifères de quelques milliers de kilomètres carrés sont déjà complètement épuisées, et que la région d'exploitation se déplace toujours, — au Cap Apchéron on continue encore à travailler à peu près dans les mêmes limites qui ne dépassent pas un millier d'hectares. En 1900, les 1700 puits exploités dans les environs de Bakou ont fourni 1 fois et demie plus de pétrole brut que les 20 000 puits de l'Amérique du Nord. En Amérique, un puits donne, en moyenne, de 2 à 3 tonnes par jour, tandis qu'au cap Apchéron la moyenne est de 12 à 15 tonnes, et les puits donnant 5 tonnes ne sont même pas exploités. Le prix de revient sur place est, en Amérique, de un demi plus fort qu'à Bakou.

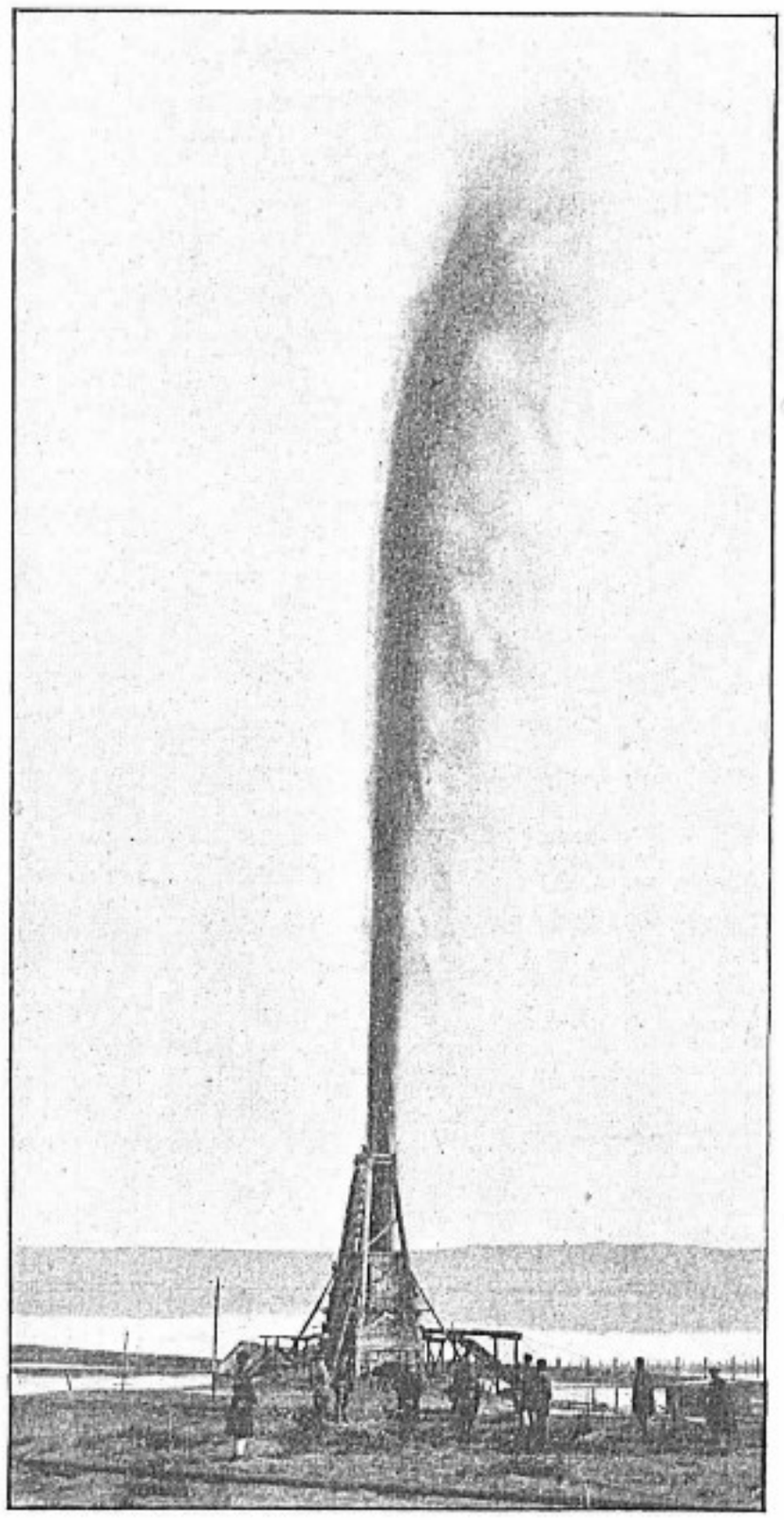


FIG. 4. — UN JET DE PÉTROLE.

Néanmoins, sur le marché de l'Europe, c'est encore le pétrole américain qui bat le record. Cela tient à deux causes : la première est que le pétrole américain contient 75 p. 100 de produits légers, qui sont le plus employés, tandis que le pétrole russe n'en contient que 37 p. 100; la seconde et la principale cause est le défaut de moyens de transport. Le pétrole américain coule du lieu de son extraction, par des conduites spéciales, vers l'Océan où il est reçu par une énorme flotte de *navires-citernes*. Quant aux pétroliers de Bakou, ils envoient leur marchandise par le chemin de fer, ce qui est très coûteux; en outre, la quantité transportée est limitée par les moyens de la compagnie du chemin de fer.

Depuis vingt ans, on discute le projet de la construction d'un immense tube qui conduirait le pétrole de Bakou à la mer Noire, projet qui sera réalisé un jour ou l'autre. Le pétrole américain recevra alors un coup terrible. Mais l'unité de temps en Russie est proportionnée aux dimensions de l'Empire. Les Américains peuvent donc être sans inquiétude.

En dehors du cap Apchéron, le pétrole est exploité, depuis quelques années, sur les bords de la mer Caspienne, au nord de Bakou, et sur le penchant nord du Caucase, dans les environs de la ville Grozny. Cette exploitation, bien que de beaucoup inférieure à celle du cap Apchéron, augmente cependant d'année en année.

Nous avons dit plus haut que le pétrole est toujours accompagné de gaz combustibles. Il y a des régions où ces gaz s'échappent constamment de la terre. C'est ainsi que dans le village

Sourakhany, à une distance de 15 kilomètres de Bakou, les gaz sortent de la terre avec une force extraordinaire, depuis plusieurs siècles. C'étaient ces gaz enflammés — les « Feux Éternels » — qui attiraient autrefois les Guèbres, disciples de Zoroastre. Les adorateurs du feu ont construit des temples autour des flammes hautes de plusieurs mètres. Un d'entre eux s'est conservé jusqu'à nos jours. Ces flammes sont maintenant éteintes, mais le gaz s'échappe toujours sans aucune utilité pour personne.

C'est là aussi que Prométhée est peut-être allé chercher le feu divin, commettant ainsi le crime pour lequel il fut enchaîné à un rocher du Caucase. Quoi qu'il en soit, cet exemple est resté jusqu'ici stérile. Le gaz continue à se perdre. Pourtant son pouvoir calorifique est plus élevé que celui du gaz d'éclairage. Sa composition chimique varie suivant l'endroit. Voici l'analyse d'une grande source de gaz, pouvant fournir 60 000 mètres cubes par jour :

azote — 0,49; gaz carbonique — 2,18; hydrogène — 0,98; gaz des marais — 93,9; et autres carbures d'hydrogène — 2,45.

L'exploitation de ce gaz aurait pu procurer de grands bénéfices, d'autant plus que dans cette région il y a beaucoup d'usines et de fabriques

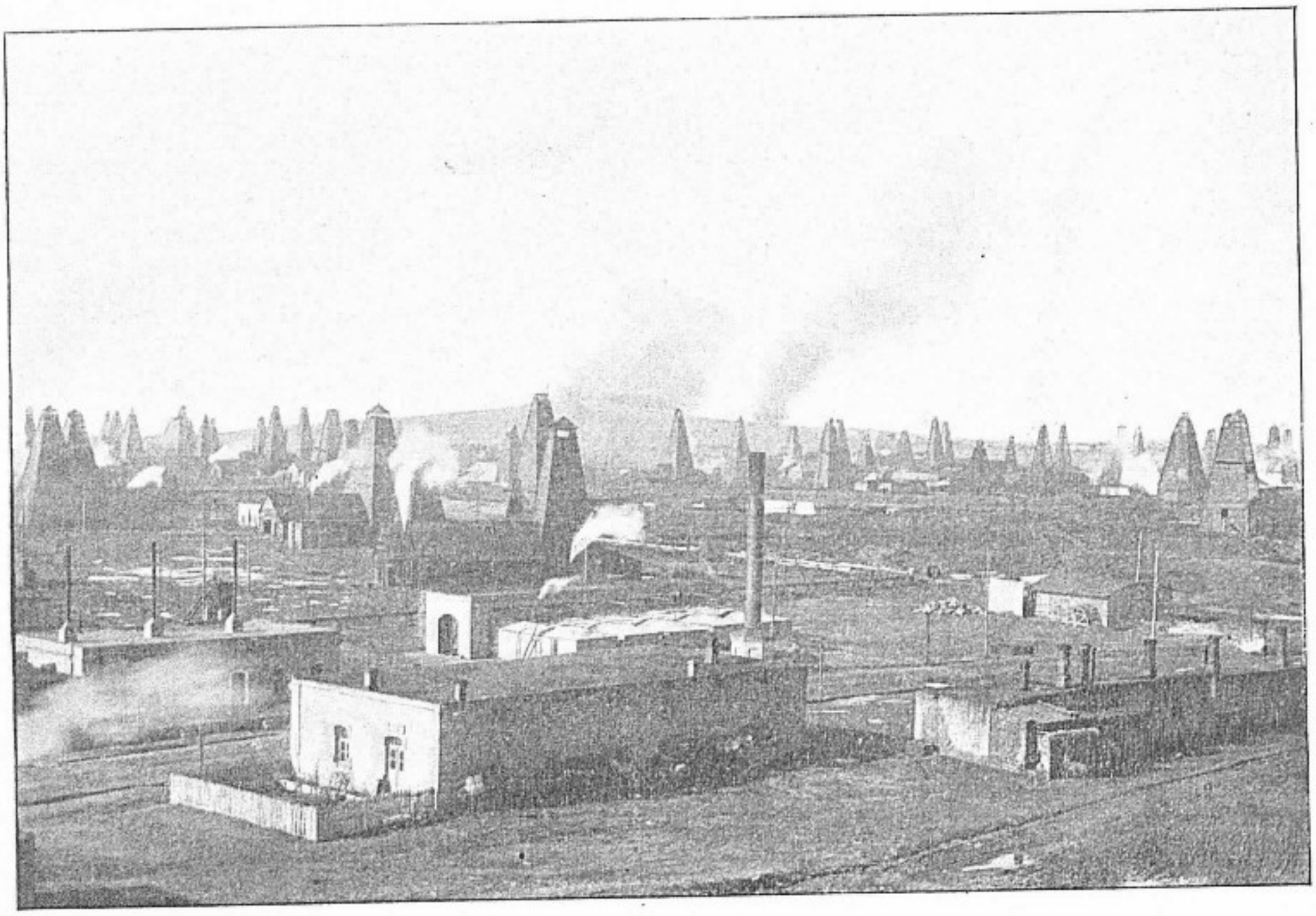


FIG. 5. — BALAKHANY (BOURG PRÈS BAKOU)
(Vue générale).

et que Bakou, ville fort riche, s'éclaire au moyen de lampes à pétrole [1].

1. On a cherché à expliquer la formation de ces gaz et des pétroles. Plusieurs théories sont en présence.

Peut-être proviennent-ils d'une décomposition particulière des plantes et des animaux marins car, dans la plupart des gisements, du sable et de l'eau salée accompagnent le pétrole. D'après M. Berthelot il se pourrait que l'acide carbonique en réagissant sur les métaux alcalins donne des *acétylures*, que la vapeur d'eau décomposerait ensuite pour dégager de l'acétylène qui se condenserait en divers carbures sous l'action d'une pression et d'une température convenables. Mendeleff pense que le fer peut jouer le rôle des métaux alcalins.

Les expériences de M. Moissan et de M. Maquenne permettent d'autre part d'attribuer un rôle à la formation de carbures alcalino-terreux suivie de leur décomposition par l'eau. Si les pétroles se sont formés aux premiers âges géologiques il ne s'en est formé qu'une quantité limitée qui, une fois épuisée, ne pourra plus être renouvelée. Les autres théories s'accordent au contraire avec une production continue.

G. M.

Mais le peuple russe, indolent comme ses voisins d'Orient, n'a pas l'esprit pratique des

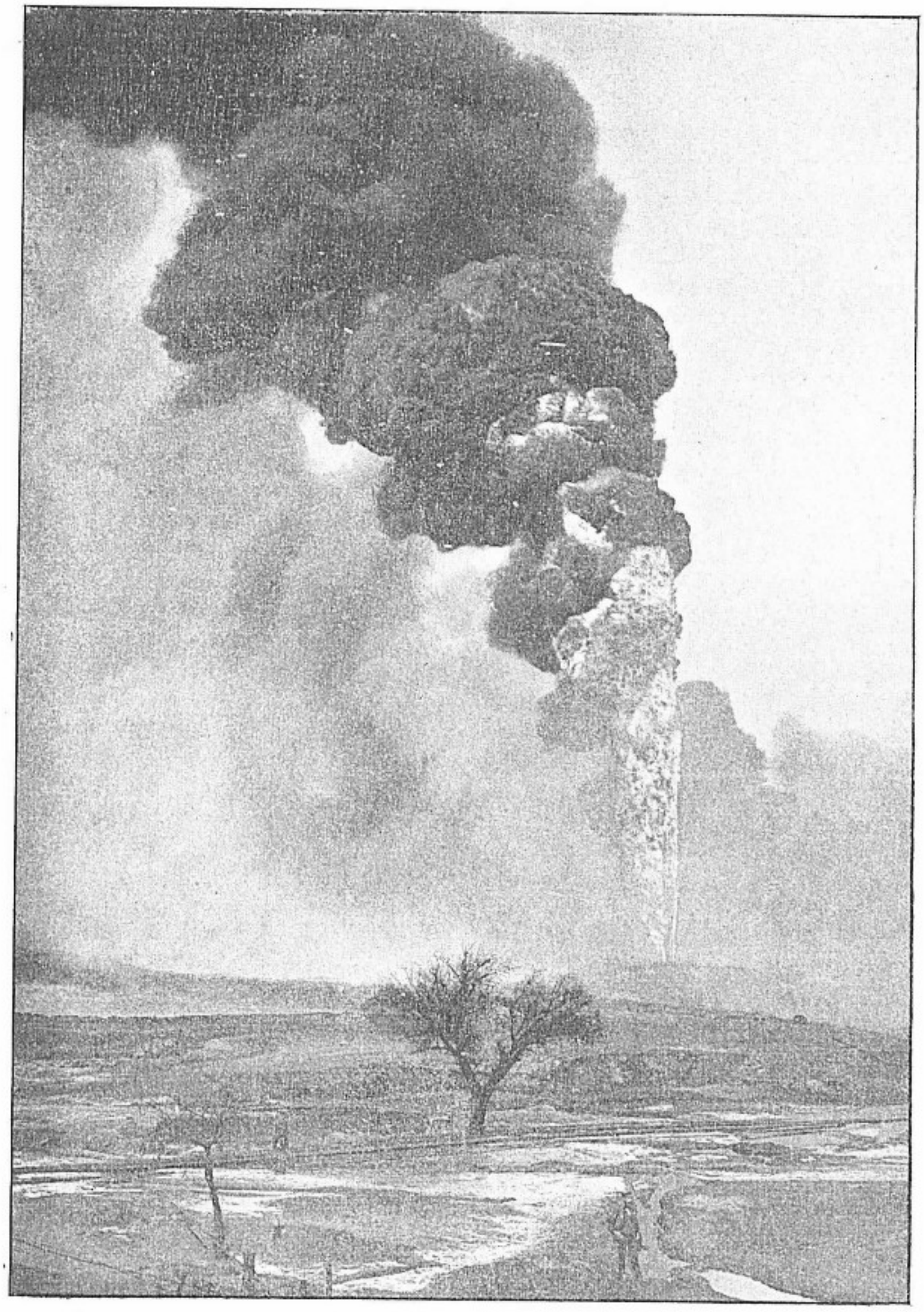


FIG. 6. — INCENDIE D'UN JET DE PÉTROLE.

Américains, exploitant le peu de gaz qu'ils ont.

Cette source de richesse sert presque exclusivement à chauffer le pot-au-feu des indigènes et d'ouvriers venus à Bakou un peu de tous les coins du vaste empire de Russie, en quête de travail.

JULES SÉMÉNOV.

SPÉLÉOLOGIE

L'ENFOUISSEMENT DES EAUX SOUTERRAINES ET LE DESSÉCHEMENT DE LA TERRE (*Fin*) [1].

Les spécialistes et les esprits clairvoyants qui ont déjà reconnu la gravité de la question du reboisement, ont tout dit depuis longtemps sur son efficacité à reconstituer la terre végétale, diminuer le ruissellement et l'infiltration, accroître l'humidité atmosphérique, renforcer et filtrer les sources, en un mot compenser ou arrêter artificiellement les progrès terribles de l'enfouissement souterrain des eaux. Et j'ai moi-même bien souvent insisté sur la nécessité de le développer sans mesure [2].

Mais on est loin d'avoir tout fait pour appliquer, comme il devrait rigoureusement l'être, ce remède souverain de la résurrection des forêts. Aussi ne peut-on qu'applaudir à la campagne entamée et aux efforts tentés dans ce sens par *les congrès du sud-ouest navigable*, qui dénoncent, avec une si juste alarme, la désastreuse modification du régime de la Garonne, provoquée par les déboisements pyrénéens. Par contre, on ne saurait trop réprouver l'opposition aveugle, toujours farouche, souvent criminelle, que les populations pastorales de certaines régions, telles que l'Ariège ou les Cévennes du Gard et de la Lozère, opposent aux admirables et coûteux efforts des forestiers.

C'est presque un fléau national que cette lutte irréductible du berger et du troupeau (du mouton surtout, qui arrache au lieu de couper), contre l'inspecteur des forêts et les jeunes semis ; il n'y a point de plus funeste exemple du perpétuel conflit entre l'intérêt privé et l'utilité publique, et il importe que toutes les voix autorisées et compétentes clament à la fois l'absolue nécessité de faire céder la place par la pâture à la forêt. Rien ne saurait excuser, surtout dans une publication parée d'un cadre scientifique, l'opinion suivante exprimée tout récemment par M. Cord dans son guide de la *Lozère* (Paris, Masson, 1900, p. 242) à propos des incomparables reboisements de M. Georges Fabre à l'Aigoual : « après la maison forestière, la route... aborde ensuite la zone de végétation des pelouses alpines, *que les forestiers ont voulu à tort reboiser* ». Ce dernier membre de phrase devra disparaître, comme une inadmissible erreur, de toute édition future dudit guide : il est, en effet, indéniable que les hauts pâturages banaux « sont mal administrés, et que les usagers en jouissent avec une déplorable incurie et une ignorance absolue de leurs propres intérêts » (H. de Lapparent). Or cette région des Cévennes proprement dites, sur laquelle butent les arides plateaux des Causses et qui recueille par place jusqu'à 2 m. de pluies annuelles, est une de celles où justement le déboisement et la brebis ont peu à peu provoqué le plus de désastres, où naissent les torrents ravageurs des Gardons, des Cèzes et des Tarnons, où les inondations prennent parfois des proportions de cataclysmes (automnes de 1875, de 1900, etc.), parce que les granits et schistes imperméables y manquent d'arbres pour retenir les précipitations atmosphériques, tandis que les calcaires qui leur font suite les absorbent au contraire trop vite, dans les fissures béantes qui s'agrandissent d'autant plus vite que l'apport du flux y est plus fort et plus rapide. Et c'est dans de pareils terrains, réelle officine des inondations, que l'on veut critiquer et entraver l'œuvre salutaire de la restauration végétale. Contre une semblable tendance, nulle protestation ne serait trop énergique. Et il importe, comme le demande avec une inlassable persévérance M. L.-A. Fabre (homonyme et collègue de l'éminent conservateur des forêts de Nimes) que l'intense reboisement de la région aquitanienne et pyrénéenne arrête l'*agonie* de la Garonne et la dénudation de tout son bassin [1], si menaçants pour le port de Bordeaux.

En ce qui touche la portée pratique des explorations souterraines, elles ont, de ce chef, fait leurs preuves, depuis quinze ans surtout, en révélant les formes exactes des réservoirs des résurgences, les conditions de leur alimentation et de leur écoulement, et surtout les risques de contamination auxquels elles se trouvent expo-

1. Voir le nº 5 de *la Science au XXe siècle*.
2. Voir *C. R. Acad. Sc.*, 6 janvier 1896; *C. R. A. F. A. S.* 1896, Carthage, etc.

1. L. Fabre, La lutte pour et contre l'eau (*C. R. 1er congrès du S.-O. navigable*, Bordeaux, 1902) avec un index bibliographique très étendu sur ce sujet.

sées et qu'ont si formellement reconnues (en essayant de les protéger) la circulaire ministérielle du 10 décembre 1900 sur les captages d'eau par les communes, et la loi du 15 février 1902 sur la santé publique.

Un seul exemple, emprunté à ma 15e campagne (1902) montrera le côté utilitaire de ces sortes de recherches : le 17 octobre de l'année dernière, avec MM. Malbec, Marboutin et Maige, j'ai eu occasion de reconnaître que la petite rivière de l'Avance (Lot-et-Garonne) perdue au sud de Marmande, dans les sables des Landes, reparaît aux résurgences de Neuffonds dans une petite caverne du calcaire tertiaire, la *grotte des Fées*; l'investigation de cette portion (250 m. d'étendue seulement) de rivière souterraine nous a fait voir, dans la grotte même, un point de déperdition de l'eau, *une fuite*, qu'il serait facile d'obstruer, de supprimer; ainsi le débit de l'émergence serait notablement accru au *grand profit industriel et mécanique des usines (papeteries) qu'elle alimente.*

En quantité d'endroits analogues des travaux extrêmement peu coûteux, aisés à réaliser, assureraient des avantages semblables.

Si l'on ne se met pas résolument et sans délai à l'œuvre pour l'application de ces deux remèdes, la lutte contre la dessiccation ne fera que croître en difficulté, l'accélération du phénomène ne pouvant qu'augmenter avec le temps, avec l'extension du déboisement et avec la multiplication des pertes d'eau.

La terre elle-même prend soin de nous avertir et de nous montrer comment elle accomplit son travail de succion hydraulique : partout, je le répète, les municipalités se débattent contre le dépérissement des puits, sources et ruisseaux. Depuis 1850 et surtout depuis 1870 l'accentuation du phénomène est frappante : le remarque-t-on mieux parce qu'on a plus besoin d'eau que jadis? y a-t-il là, comme je l'indiquais plus haut, une répercussion météorologique générale restant à déterminer? Sommes-nous parvenus à une phase spécialement critique de la *descente des eaux*? Toujours est-il que mes quinze années d'enquête assidue sur ce sujet ont abouti à ce résultat général et universel, confirmé par les remarques d'une foule d'autres observateurs.

La mer aussi nous donne les plus sérieux avertissements : car depuis longtemps on connaît, d'après les travaux de Marsigli, Lorenz, Villeneuve-Flayosc, Daubrée, une foule de sources *sous-marines* qui (pour ne parler que de la Méditerranée) jaillissent, parfois à de grandes profondeurs, au bord ou au large des côtes d'Espagne (Falconera, près Barcelone), de Provence (la Ciotat, Cannes, etc.); de Ligurie (la Spezia), d'Istrie, Dalmatie, Grèce, etc.; ce sont les *résurgences*, pour la plupart inutilisables, des grands engouffrements de pluies ou de torrents opérés par les abîmes (avens, inghiottitori, ragagés, dolines, ponors, katavothes, etc.), et souvent à plus de 1000 m. d'altitude, des formations calcaires (jurassiques, crétacées, nummulitiques) de l'Europe méditerranéenne. On en trouverait bien d'autres sous les rivages du reste du globe [1].

Jadis ces fleuves à débouchés sous-marins coulaient à la surface de la terre; ils ont quitté d'abord leurs vallées, qu'on voit lamentablement sèches au travers des déserts calcaires, et ensuite leurs émergences terrestres pour gagner des issues marines. C'est l'histoire de Vaucluse, coulant autrefois subaérienne par la vallée de la Nesque, si topique quant à la démonstration des lits successifs de son cours (V. *la Nature*, 6 décembre 1902, n° 1541), — maintenant souterraine avec un débouché à Vaucluse près d'Avignon vers 80 m. d'altitude, — et quelque jour sous le golfe de Lyon, quand elle aura achevé l'aqueduc profond qu'elle est en ce moment et très certainement occupée à se creuser vers la Méditerranée.

Ainsi, et sans aucune exception, toutes les grandes cavernes de l'Europe ont des superpositions de 3, 4, 5 étages, la rivière actuelle occupant toujours le plus bas (Adelsberg, Autriche; Höll-Loch, Suisse; Agtelek, Hongrie; Han-sur-Lesse, Belgique; Bournillon, Drôme; Bétharram, Basses-Pyrénées, etc.), quelquefois avec une dénivellation de 100 m., réalisée depuis l'époque quaternaire.

Comme la scie qui fend la pierre, l'eau, lente, mais sûre, gagne la profondeur qui l'attire : on aurait pensé jusqu'ici que c'était au taux des siècles pour le millimètre? Il semble plus vrai de dire que ce pourrait être ou devenir à raison de centimètres pour l'année!

L'heure a bien sonné d'arrêter ou tout au moins d'entraver les progrès de son enfouissement et de prévenir en toute hâte la *banqueroute de l'eau* au XXe siècle.

E.-A. MARTEL.

1. Voir le tout récent travail de M. F. J. Fischer : Meer und Binnengewässer in Wechselwirkung, *Abhandl. der Kk. Geograph. Ges. de Vienne*, n° 5 de 1902.

AÉRONAVIGATION

LA NAVIGATION AÉRIENNE EN 1903.

I

C'est aux travaux successifs et prolongés de nombreux ingénieurs que l'on doit d'être parvenu à élucider toutes les inconnues du problème de la navigation aérienne.

Henri Giffard doit être considéré comme le véritable fondateur de l'aéronavigation, car il a, le premier, établi les principes de construction des appareils dirigeables, et démontré par ses expériences de 1852 et 1855, quelle était la voie à suivre pour assurer le succès. Après lui, Dupuy de Lôme, dans son ascension de 1872, employa des organes nouveaux qu'il imagina; enfin, MM. Renard et Krebs donnèrent en 1883 la démonstration pratique de la possibilité de la direction, en ramenant à son point de départ, et cinq fois sur sept sorties, un ballon établi suivant les principes de Giffard et de Dupuy de Lôme, mais notablement perfectionné, en raison des progrès réalisés par la science, pendant cette période de vingt-cinq ans.

Dix-sept ans plus tard, le problème de la navigation aérienne fut brusquement remis à l'ordre du jour par Santos-Dumont, dont les retentissantes expériences sont encore dans toutes les mémoires. Ses succès, achetés au prix d'une ténacité et d'une persévérance réellement méritoires, firent surgir une nuée d'inventeurs croyant, avec la meilleure foi du monde, posséder chacun la solution définitive. Leur inexpérience, leur naïve vanité, et surtout leur inconscience du danger, amenèrent les affreuses catastrophes du *Pax* et du *Bradsky* entre autres.

L'histoire scientifique de la navigation aérienne

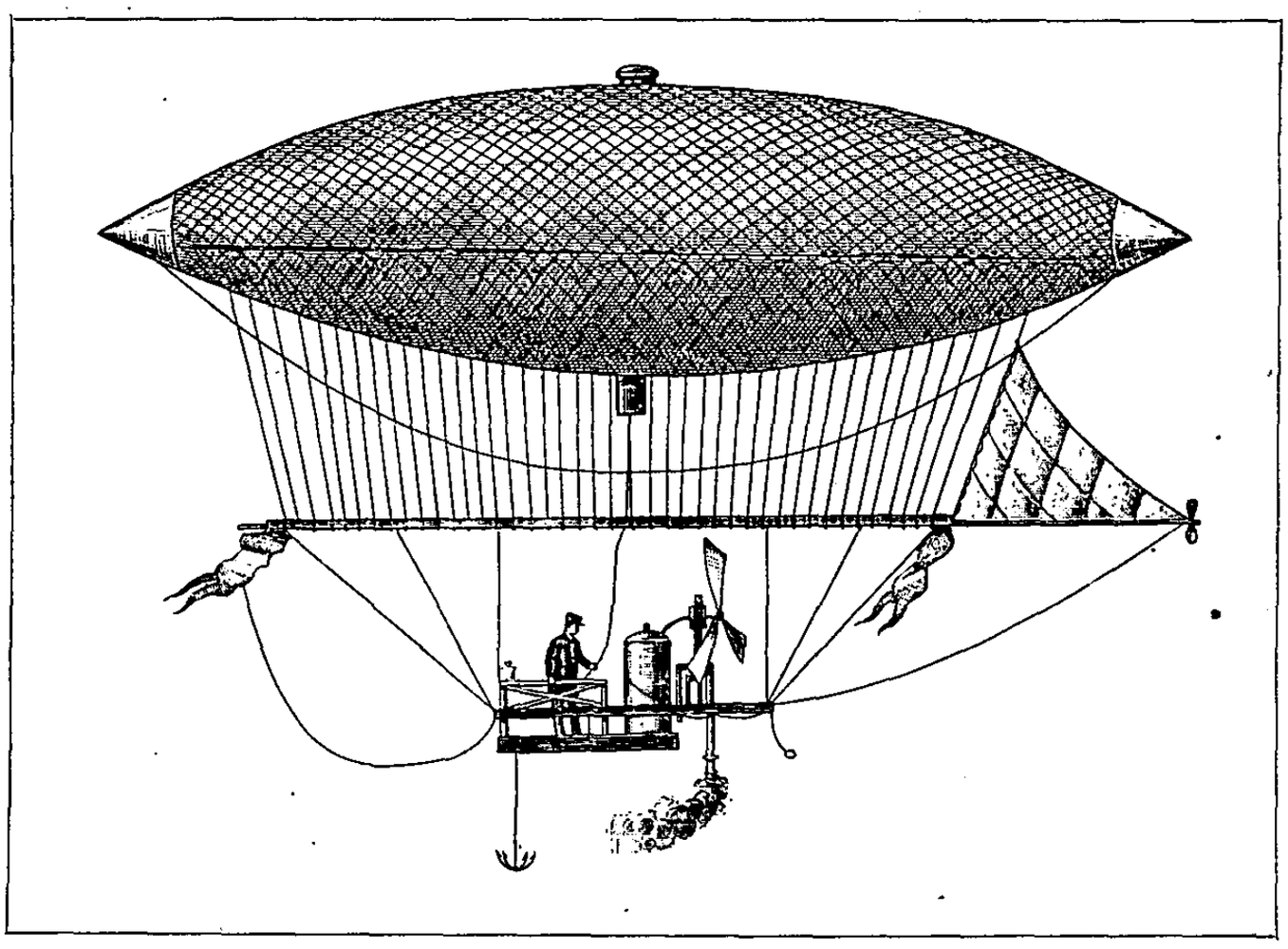


FIG. 1. — BALLON DIRIGEABLE A VAPEUR DE GIFFARD (1852).

ne compte guère que trois grands noms, ceux des savants qui ont su dégager les conditions essentielles auxquelles doivent de toute nécessité satisfaire les *aéronats*[1] et qui sont les suivantes :

1° Équilibre vertical;
2° Permanence de la forme;
3° Stabilité longitudinale;
4° Propulsion.

On a souvent comparé le ballon aérostatique à une bouée; d'après le colonel Renard, cette

1. Ce mot a été choisi par le Congrès d'aéronautique de 1889 pour désigner tout ballon dirigeable.

comparaison est plutôt injurieuse.... pour la bouée, car le premier défaut des aérostats, auquel on n'a pas su apporter de remède depuis plus d'un siècle, est de varier continuellement d'altitude, tandis que la bouée se maintient imperturbablement au même niveau. Cette instabilité verticale des ballons provient, d'une part de la variabilité du volume du gaz qu'ils

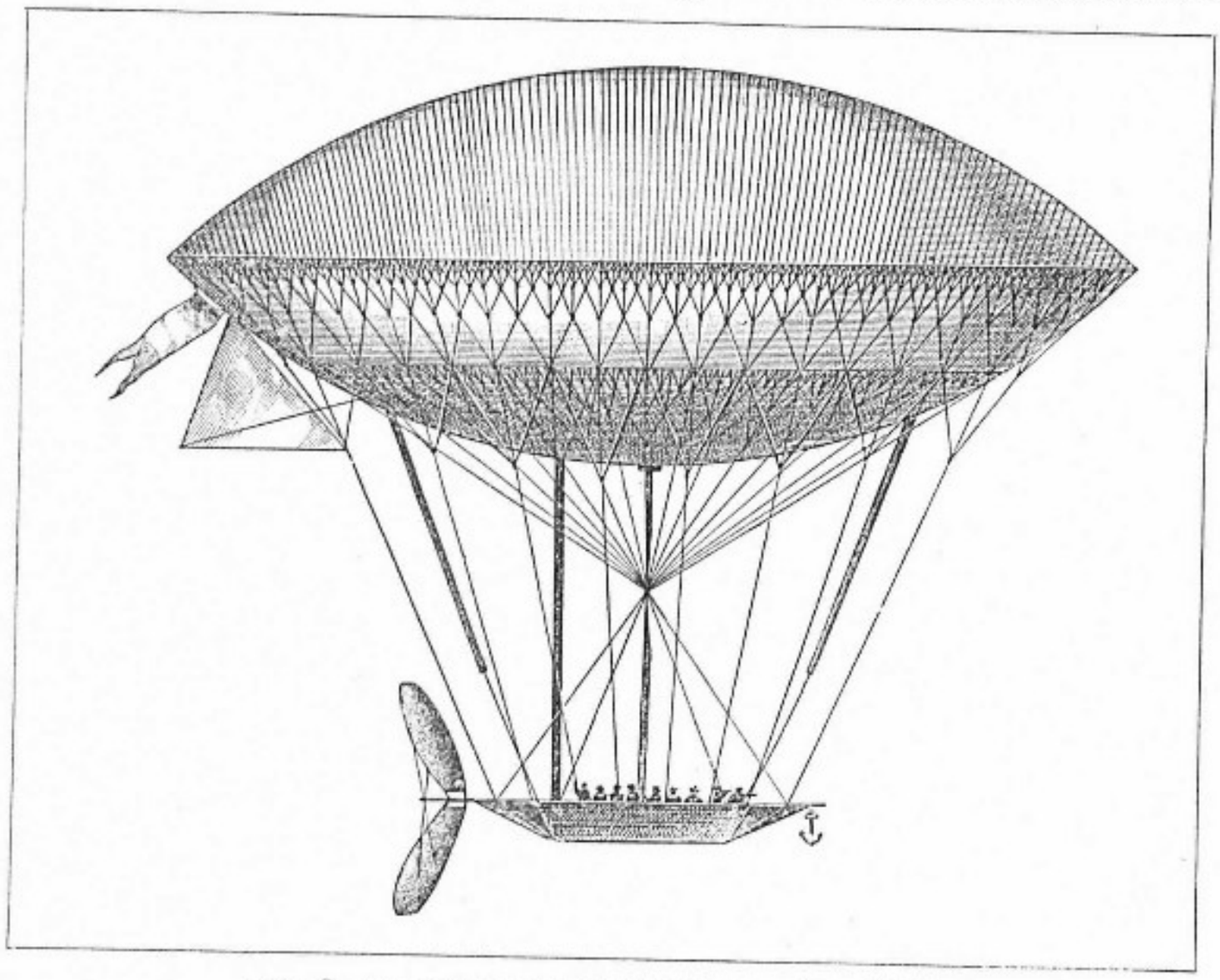


FIG. 2. — DIRIGEABLE DE DUPUY DE LÔME (1872).
(Moteur humain).

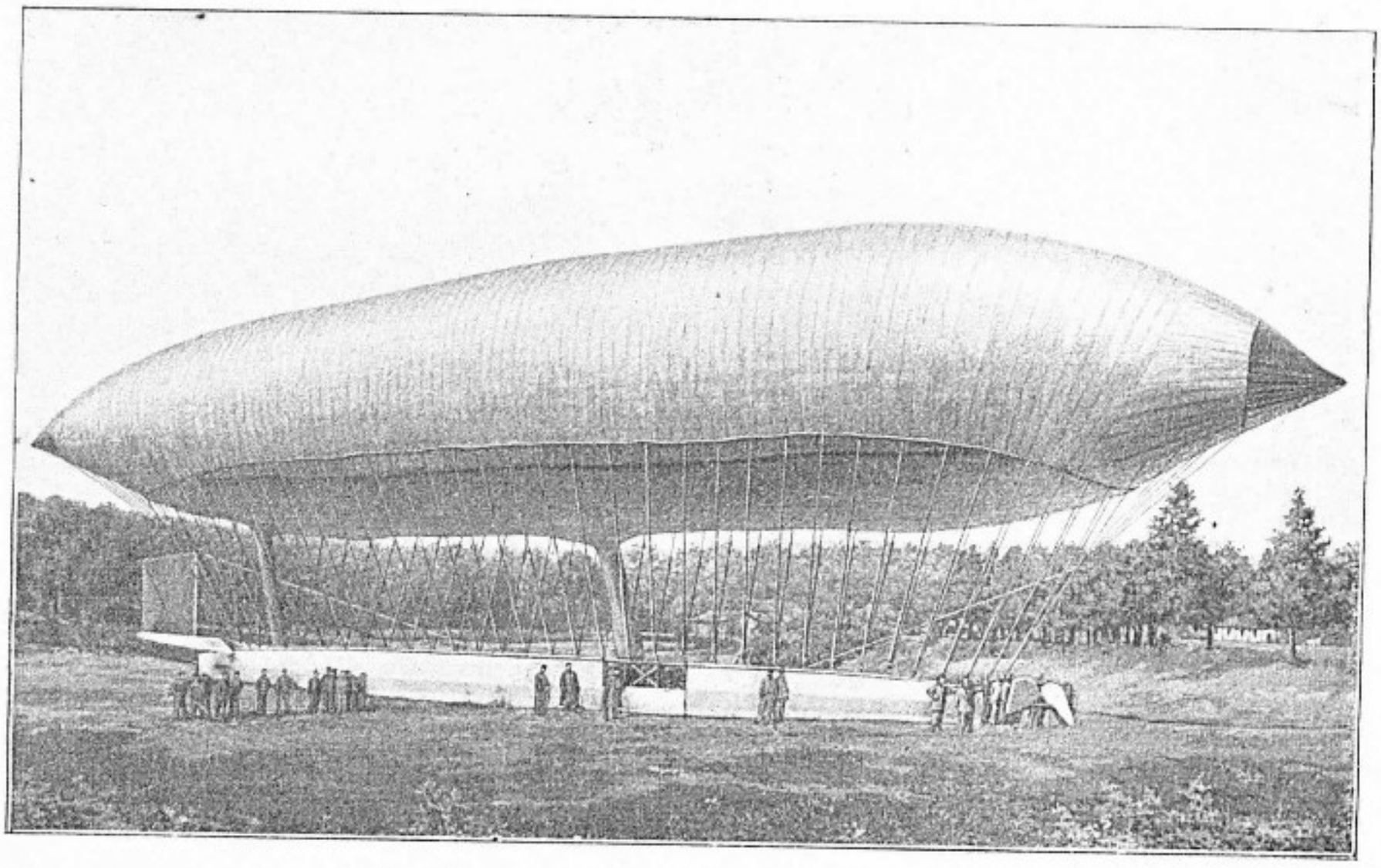


FIG. 3. — LE DIRIGEABLE LA « FRANCE » DE RENARD ET KREBS (1883).

contiennent et qui est imputable aux influences atmosphériques, et d'autre part à des changements de poids du matériel résultant des pertes d'hydrogène pendant l'ascension et des jets de lest tendant à combattre l'effet de ces pertes et variations.

L'*équilibre vertical*, c'est-à-dire le maintien d'une route sensiblement horizontale, n'est encore assuré que par la méthode appelée spirituellement la *double saignée* par M. Pesce, et qui consiste à perdre du gaz ou du lest pour modérer l'ascension ou empêcher la descente. On a bien proposé l'usage d'hélices horizontales commandées mécaniquement et ayant pour effet de maintenir l'appareil à la hauteur voulue, mais ce système, peut-être excellent en théorie, n'a pas encore reçu la sanction de la pratique. Le problème de l'équilibre reste donc entièrement à résoudre, aussi bien pour les ballons sphériques que pour les aéronats.

La *forme* à donner aux aéronats est celle qui leur assure un minimum de résistance à l'avancement. On conçoit donc que, dès le début de l'aérostation, les inventeurs de dirigeables aient donné une disposition allongée, rappelant le poisson ou le cigare, à leurs appareils. L'expérience a déterminé quelle est la forme la plus avantageuse, donnant le moins de résistance, et le rapport normal de l'allongement au diamètre maximum ou *maître-couple*. Cette forme est celle du fuseau dyssymétrique, le gros bout à l'avant, et le rapport de 5 à 1. Mais la stabilité

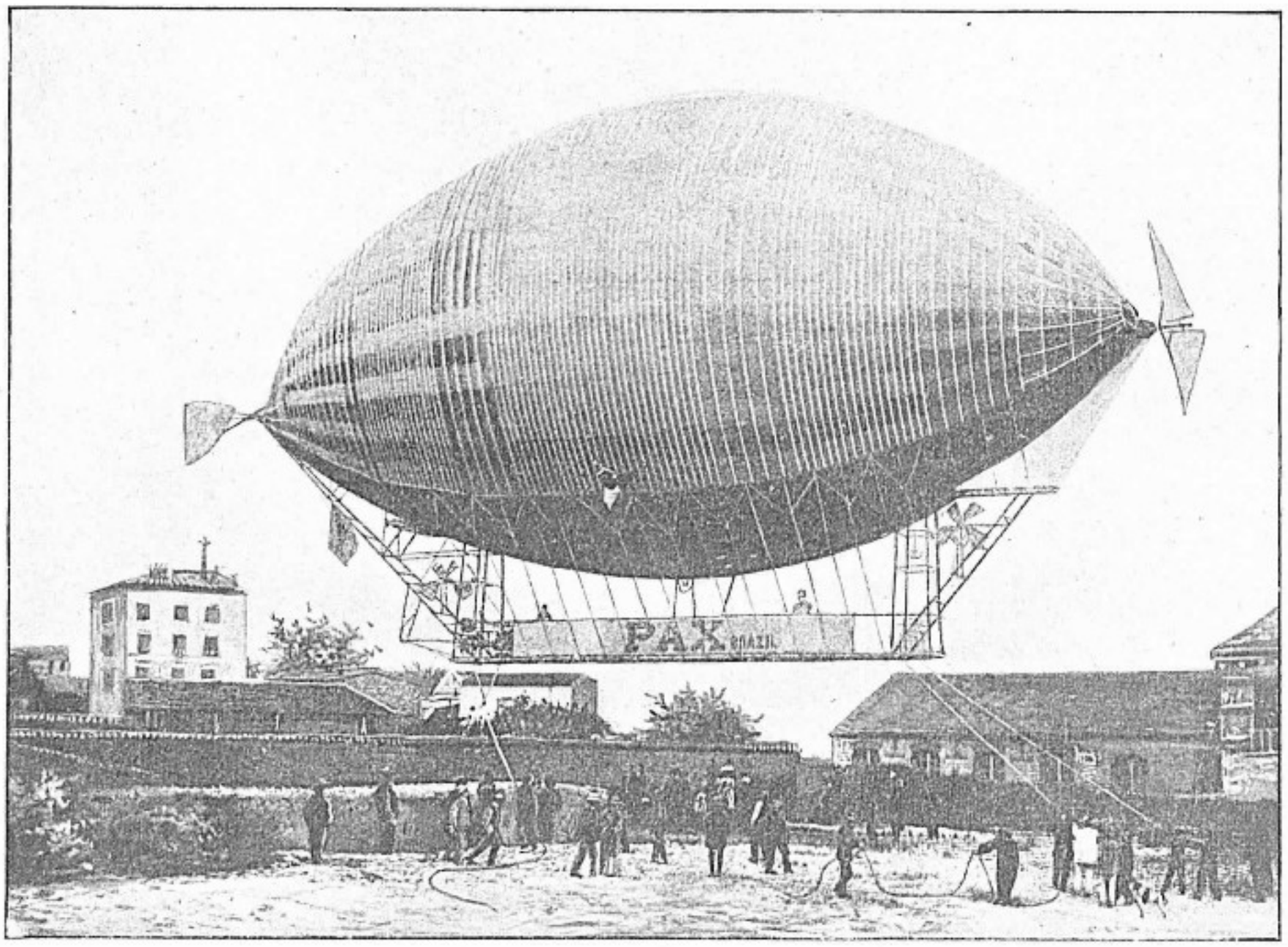


FIG. 4. — LE « PAX » DE SEVERO, AU MOMENT DU DÉPART.

longitudinale de ces ballons fusiformes est précaire; le gaz tend à se précipiter vers les pointes quand l'enveloppe n'est pas rigoureusement tendue, et à dresser le fuseau verticalement, la pointe en l'air. Une catastrophe due à cette instabilité faillit terminer l'expérience de Giffard et Yon en 1855, et, plus récemment, un aéronat captif fit explosion pendant son gonflement, à l'Exposition de Bruxelles, son filet ayant glissé sur sa convexité supérieure.

Il a donc fallu imaginer des moyens pour empêcher ces déplacements de la masse gazeuse à l'intérieur de l'enveloppe et éviter les mouvements de tangage qui en résulteraient. On y est parvenu en donnant à la nacelle la forme d'une longue périssoire ou poutre rendue rigide au

moyen d'armatures, et en la reliant à l'aéronat par un réseau triangulaire de suspentes entrecroisées formant une suspension indéformable.

La nacelle faisant corps avec le fuseau, le couple de rappel est suffisant pour corriger les oscillations longitudinales et maintenir tout l'appareil dans une horizontalité constante. Les mouvements de la masse gazeuse à l'intérieur de l'enveloppe peuvent être en même temps limités en divisant celle-ci en compartiments par des cloisons verticales, comme l'a fait M. de Zeppelin dans son aéronat de 120 mètres de long essayé en 1900 au-dessus du lac de Constance.

En ce qui concerne la permanence de la forme, on conçoit qu'elle est indispensable pour un appareil qui doit éprouver une grande résistance pendant son mouvement de progression. Le procédé le plus commode pour assurer cette rigidité, malgré les changements continuels de volume du gaz, consiste à munir les ballons d'une cloison imperméable, dans laquelle on souffle de l'air au moyen d'un ventilateur. Le gaz est mis ainsi sous pression sans que l'air vienne s'y mélanger, et cette pression est réglée au chiffre voulu, par la présence de soupapes convenablement réglées et à fonctionnement automatique sur le ballon et sur la cloison du *ballonnet à air*. Quand cette pression dépasse le chiffre normal, la soupape à air s'ouvre la première; quand tout l'air est expulsé, si la pression est encore trop élevée, la soupape à gaz s'ouvre à son tour. L'enveloppe devenant flasque par la suite, on lui rend sa rigidité et on assure la *permanence de la forme*, en insufflant de nouveau de l'air dans le ballonnet.

La *propulsion* a été longtemps le point capital duquel dépendait la dirigeabilité, car elle nécessite une force motrice proportionnellement considérable pour la force portante utile d'un aéronat donné. C'est dans cette voie que les progrès ont été le plus sensibles en raison de l'allègement notable réalisé dans la construction des moteurs. Tandis que Giffard ne disposait que de 3 chevaux-vapeur pour un cube de 2500 m., et Dupuy de Lôme de moins de 1 cheval, MM. Renard et Krebs avaient une force de 9 chevaux pour 1850 m. et Santos-Dumont 16 chevaux pour 600 m. cubes. Les résultats obtenus par ce dernier auraient même dû être très supérieurs à ceux atteints par ses devanciers; cependant ils n'ont pas été beaucoup différents, sans doute par suite de certaines imperfections de la construction.

L'un des points principaux à réaliser, est la *vitesse propre* qu'il s'agit de communiquer à un aéronat pour lui permettre de remonter les courants aériens circulant constamment dans l'atmosphère. Cette vitesse ne saurait être inférieure à 7 m. par seconde, soit 25 km. à l'heure, qui est celle des vents régnant dans nos régions. Or, Giffard obtint en 1855 une vitesse propre de 2 m. 50 par seconde; Dupuy de Lôme, 2 m. 80; Tissandier, en 1883, 3 m. 50; Renard et Krebs, la même année, 6 m. 50; Santos-Dumont, pendant la course pour le prix Deutsch, 7 m. 50 à 8 m. Enfin il paraîtrait que l'aéronat construit en 1902 par M. Julliot, pour MM. Lebaudy, pourra atteindre une vitesse propre de 10 à 12 m., si l'on en croit les affirmations du constructeur, l'aéronaute Surcouf. Cette vitesse de 40 km. à l'heure serait déjà suffisante pour rendre l'aéronat pratique, surtout s'il joint à cette supériorité les conditions essentielles de stabilité et d'équilibre caractérisant un appareil véritablement scientifique.

II

Trois *aéronats* ont été expérimentés l'année dernière, et une catastrophe a suivi, comme on le sait, le premier essai de deux de ces appareils. On a épilogué sur les causes de ces catastrophes qui ont ému le monde entier, mais l'enquête a montré que ces déplorables accidents étaient dus en grande partie à l'ignorance ou à l'insouciance des expérimentateurs. Aussi ne peut-on qu'applaudir à l'initiative du colonel Renard, qui a publié récemment, sous les auspices de la Commission scientifique d'aéronautique, d'excellents conseils pratiques aux conducteurs de ballons à moteurs. Il est des précautions essentielles à prendre, dans la construction des aéronats, et qu'il ne faut à aucun prix négliger.

Nous avons indiqué les principales conditions auxquelles doit répondre un appareil réellement scientifique et rationnellement conçu; on ne saurait s'en écarter sans danger et sans risquer de devenir subitement le jouet d'un instrument ingouvernable et alors très dangereux.

C'est pourquoi il est indispensable en matière d'aéronautique, avant de réaliser une conception théorique quelconque, de connaître au préalable l'élément qu'on a la prétention de dompter, et d'être un aéronaute expert avant d'oser conduire un ballon automobile, bien plus compliqué que l'antique globe de Charles et de Montgolfier.

Les sorties répétées du *Mellins-Food* à Lon-

dres, dans les derniers mois de l'année 1902, ont fourni une nouvelle preuve que, même avec un appareil médiocre à bien des points de vue, un aéronaute habile et connaissant tous les secrets de son art, peut obtenir une entière sécurité et exécuter sans incident des voyages assez prolongés avec un ballon automobile.

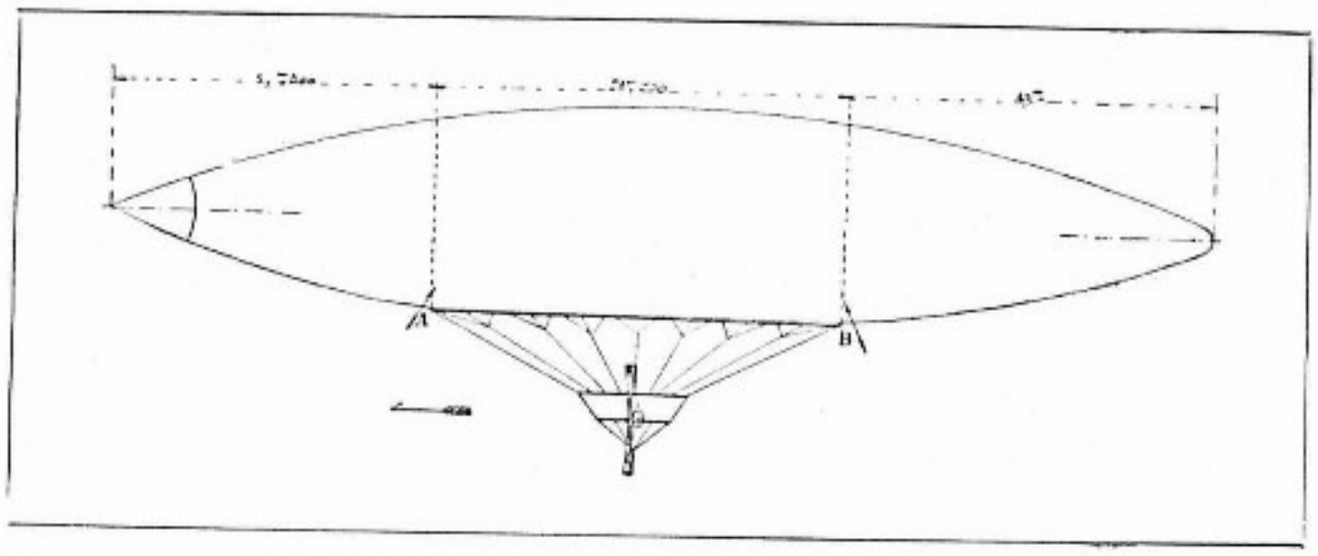


FIG. 5. — FORME GÉOMÉTRIQUE DU « JAUNE ».

On ne saurait trop le répéter : la navigation aérienne par ballons fusiformes ne comporte aucun secret ; les principes fondamentaux de ce mode de locomotion sont établis depuis longtemps d'une façon irréfutable, et il suffit de les observer pour réaliser un appareil stable. La question de vitesse, qui dépend de la perfection des moteurs autant que de l'application rationnelle des principes immuables de la construction, est encore susceptible d'améliorations sérieuses pour que l'aéronat puisse entrer en lutte avec les locomotives extra-rapides et les gigantesques paquebots actuels.

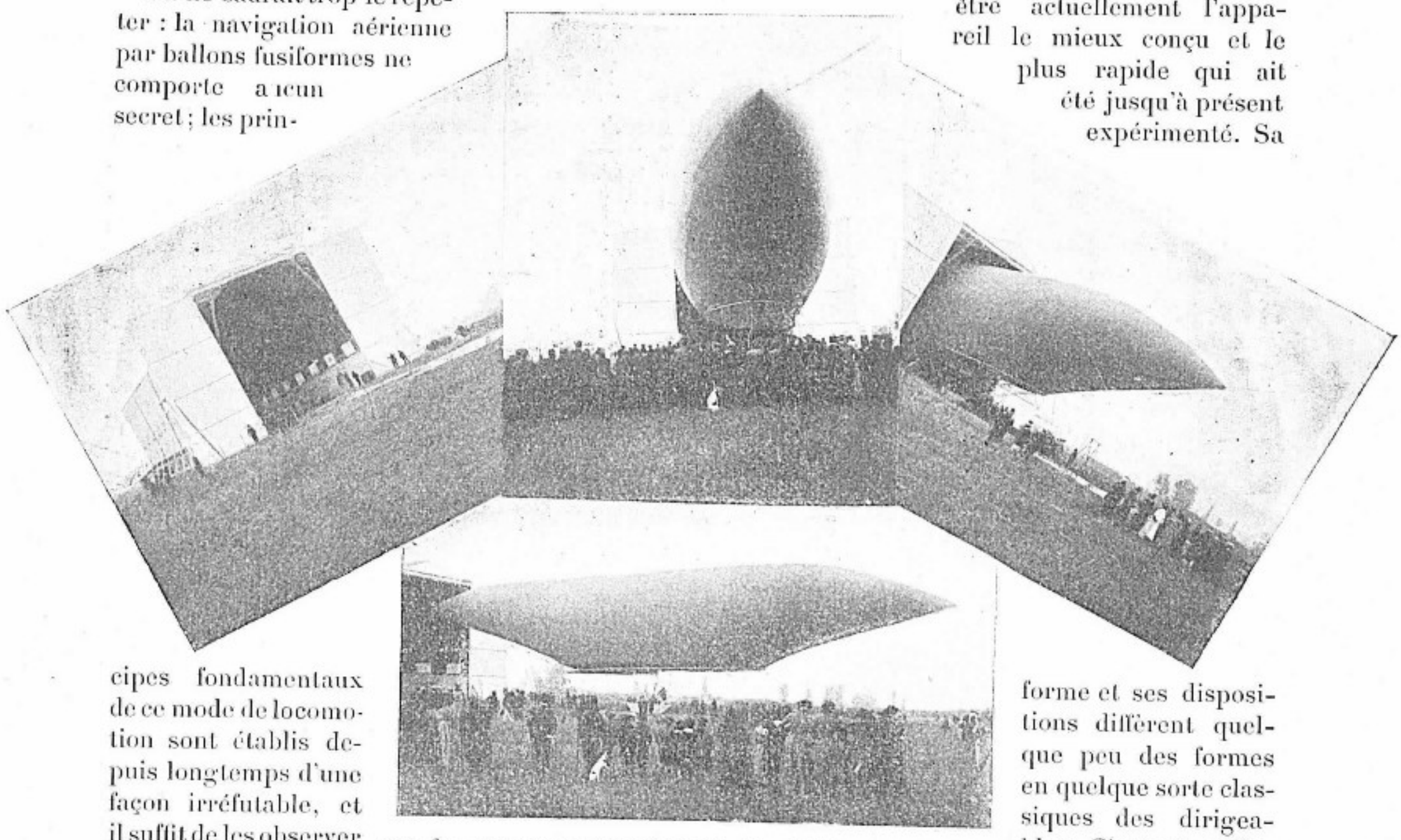


FIG. 6. — LE BALLON DIRIGEABLE LE « JAUNE » DE JULLIOT ET SURCOUF, SORTANT DE SON HANGAR DE MOISSON.

Le *Jaune*, l'aéronat construit par M. Surcouf, sur les plans de M. Julliot, ingénieur de MM. Lebaudy frères, et qui vient de reprendre ses essais à son aérodrome de Moisson, paraît être actuellement l'appareil le mieux conçu et le plus rapide qui ait été jusqu'à présent expérimenté. Sa forme et ses dispositions diffèrent quelque peu des formes en quelque sorte classiques des dirigeables. C'est un cylindre terminé par deux cônes d'inégale longueur, et qui soutient, par l'intermédiaire d'un vaste plan de plus de 100 mq. de superficie, formant la partie inférieure de l'enveloppe à gaz, une nacelle dans laquelle est installé un

moteur à pétrole de 40 chevaux actionnant, à 1 000 tours environ à la minute, deux hélices à deux branches donnant une traction de 160 kg. au point fixe.

Les essais effectués en octobre et novembre 1902 ont montré la grande maniabilité de cet appareil et sa docilité d'évolutions. Toutefois, ces expériences ont en même temps montré certaines défectuosités de détail, auxquelles on a porté remède, et il est à croire que les prochaines sorties fourniront la preuve chronométrique de la supériorité de vitesse du « Jaune » sur les précédents « Santos-Dumont ».

Les froids rigoureux qui marquèrent la fin de l'année 1902 ayant interrompu les expériences de l'aéronat, MM. Lebaudy frères profitèrent de l'hiver pour améliorer toutes les parties de l'appareil qui avaient donné lieu à critiques lors des premiers essais. On procéda, dès la deuxième quinzaine de mars, au regonflement du « Jaune », dans le vaste hangar de Moisson, et le nouveau capitaine de bord, M. Juchmès, profita des moments de calme presque complet de l'atmosphère pour effectuer plus de huit sorties au cours des trois derniers mois.

Parmi ces nombreuses sorties signalons l'ascension du 8 mai qui a fourni des résultats fort intéressants. Elle s'est poursuivie pendant 1 h. 36 minutes consécutives, et l'aéronat a parcouru plus de 37 km. pendant ce temps entre Moisson et Mantes. Sa stabilité et sa maniabilité ont été parfaites; la vitesse propre obtenue, à l'allure de 1 000 tours d'hélice à la minute, a paru être de 10 à 12 mètres par seconde, ce qui constitue la plus grande vitesse réalisée jusqu'à présent avec un ballon dirigeable.

Lors de la sortie du 10 mai, le ventilateur chargé de l'alimentation d'air du ballonnet-compensateur s'étant trouvé avarié, le *Jaune* a dû atterrir en plein champ, à une dizaine de kilomètres de son hangar d'attache. Mais il a pu être ramené à bras jusqu'à l'aérodrome, où l'on a procédé à la réparation. On peut s'attendre à ce que tout ayant été définitivement mis au point, dans cet appareillage délicat et compliqué, l'aéronat Lebaudy, vienne évoluer sans difficulté au-dessus de Paris et démontrer que la navigation aérienne au moyen de ballons est parfaitement possible et réalisable, — sinon encore bien pratique.

L'année 1903 sera d'ailleurs féconde en expériences d'aéronats, car beaucoup n'attendent que le beau temps pour s'envoler en plein ciel. Citons, parmi ceux qui paraissent capables de donner des résultats nouveaux et intéressants, ceux de MM. le marquis de Dion, Mary, Pillet, Deutsch-Tatin et les deux Santos-Dumont, le n° 9 cubant 200 m.[1] et le n° 10 cubant 2 000 m. et capable d'enlever quatorze passagers. Nous résumerons, le moment venu, les résultats qui auront été fournis par ces divers concurrents au cours de l'année 1903.

Il ne reste plus maintenant qu'à pourvoir les aéronats de moteurs suffisamment puissants et de propulseurs utilisant convenablement le travail disponible, pour atteindre des vitesses propres supérieures à celle des vents moyens de nos régions. Il est très probable que la vitesse propre de 12 m. par seconde sera normalement obtenue; alors, les aéronats pourront évoluer librement dans toutes les directions huit jours sur dix. Certes, lorsqu'il faudra remonter des courants de 8 à 9 m. par seconde, la vitesse par rapport au sol sera bien faible, en comparaison des plus modestes véhicules terrestres, mais les aéronautes apprendront peut-être à tirer parti, comme on le fait dans les courses de ballons avec point d'atterrissage fixé d'avance, des divers courants étagés dans l'atmosphère, et en profiter au lieu de lutter de front et péniblement contre eux.

Tel est, en résumé, l'état de la question de la navigation aérienne en 1903. Il est incontestable qu'elle a progressé depuis que Santos-Dumont a remis ce genre d'étude à la mode. Plusieurs expériences ont été brusquement terminées par un accident mortel : Woelfert, Severo, de Bradsky ont payé de leur vie les imperfections de leurs machines, résultant de leur témérité ou de leur ignorance. Mais leurs émules ont les yeux bien ouverts désormais, ces malheurs ont montré les écueils à éviter dans ce genre de constructions, et on peut espérer que les progrès vont se multiplier jusqu'au jour peut-être prochain où *l'aéroscaphe* entrevu par le poète labourera de sa proue victorieuse l'espace infini.

H. DE GRAFFIGNY,
de l'Aéro. Club.

1. Le « Santos-Dumont » n° 9 est comme on le voit un ballon minuscule. Sa longueur est d'environ 15 m. et son diamètre maximum 5 m. 5. Le ballonnet compensateur à air a un volume d'environ 45 mc. La nacelle en osier mesure moins d'un mètre de haut et pèse environ 5 kg. Elle est fixée sur une poutre armée en sapin suspendue elle-même par 46 cordes à piano de 0 cm. 08 aux *ralingues* du ballon. Le moteur Clément employé a une puissance de 3 chevaux et pèse 12 kg. L'hélice a 7 m. de diamètre, et tourne à raison de 200 tours, elle est placée à l'arrière à l'extrémité d'un arbre en acier de 4 m. de longueur et de 25 mm. de diamètre; son poids est de 11 kg. Le gouvernail a une surface de 8 mq. L'enveloppe qui pèse 30 kg. et le gouvernail sont en soie du Japon; la carcasse d'acier de l'hélice est aussi recouverte par une double enveloppe de soie. G. M.

PÉDAGOGIE

TRIBUNE LIBRE

D'ENSEIGNEMENT EXPÉRIMENTAL

Sur l'accommodation de l'œil.

Dans le numéro du 1er avril de *la Science au XXe siècle*, M. Benoist indique une manière de représenter le fonctionnement de l'œil. Mais celle-ci prête à mon avis à la grosse critique de donner les effets apparents des trois yeux sans que l'appareil prenne les trois formes des yeux.

Il me semble qu'il vaudrait mieux garder cette expérience comme démonstration de la formule :

$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right)$$

par exemple.

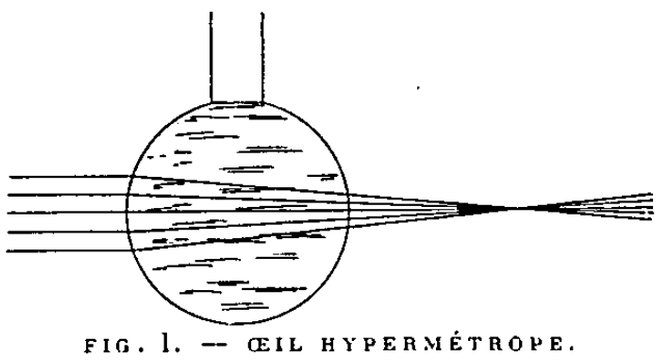


FIG. 1. — ŒIL HYPERMÉTROPE.

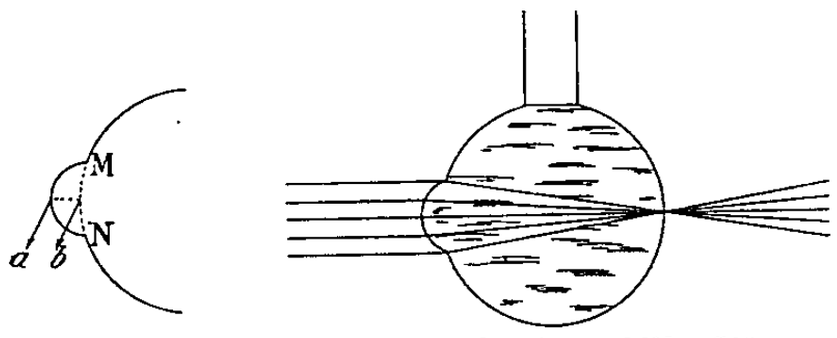


FIG. 2. — ŒIL NORMAL, $ab = 1^{cm},5$, $MN = 5^{cm}$.

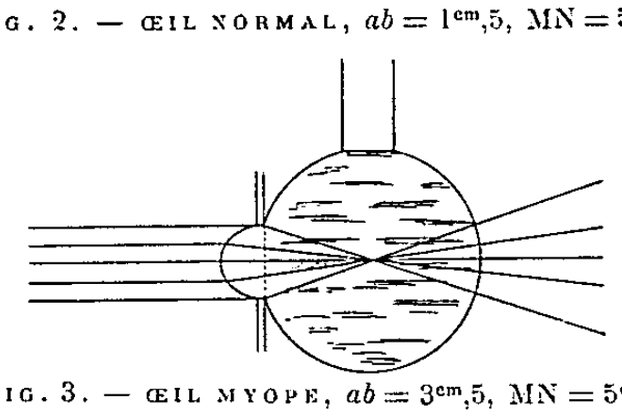


FIG. 3. — ŒIL MYOPE, $ab = 3^{cm},5$, $MN = 5^{cm}$.

Voici d'autre part comment mon préparateur M. Jarias et moi, nous avons étendu la représentation.

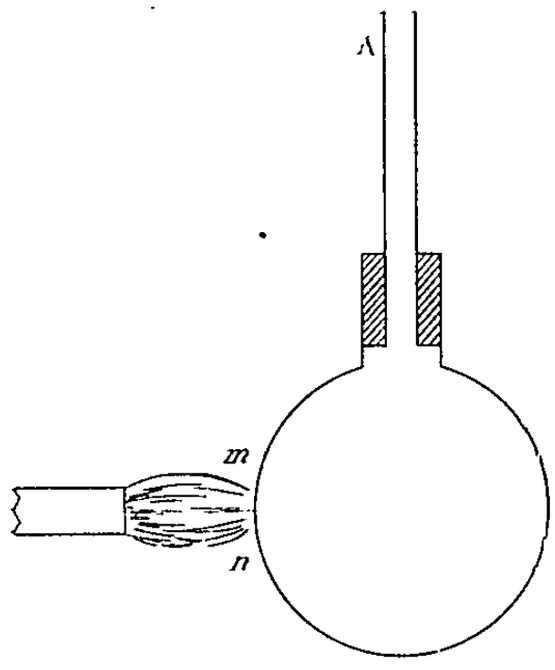


FIG. 4. — SOUFFLAGE DU RENFLEMENT.

On souffle sur deux ballons (fig. 2 et 3) deux renflemetns inégaux; un troisième ballon (fig. 1) reste tel qu'il est et l'on a ainsi les trois types d'yeux.

Des ballons de 600 à 800 cm³ sont très bons, tous sont remplis avec de *l'eau ordinaire.*

Pour remplacer le diaphragme, nous vernissons en noir une couronne autour du renflement.

Pour souffler le renflement, chacun sait qu'il suffit d'adapter un bouchon avec un tube et de chauffer la portion *mn* avec un bec de gaz, puis de souffler par A, en s'arrêtant quand on juge le renflement assez fort.

Communiqué par MM. PAILLOT,
Professeur,
JARIAS,
Préparateur chargé de cours au lycée Lalande à Bourg.

Appareil simple pour observer les phénomènes de diffraction et d'interférence.

M. Foussereau a imaginé un dispositif simple, permettant de montrer à des élèves, avec les ressources du laboratoire le plus modeste, les beaux phénomènes de diffraction de la lumière et les franges d'interférence d'Young.

L'appareil comprend deux tubes métalliques, de 30 cm. à 50 cm. de longueur et de 3 cm. à 4 cm. de diamètre, pouvant rentrer l'un dans l'autre à frottement doux.

A l'extrémité du tube extérieur, on dispose une plaque transversale percée d'un trou central ou d'une fente étroite à bords minces. On éclaire le trou ou la fente par le reflet d'un mur exposé au soleil ou par une lumière artificielle quelconque.

Le second tube porte à son extrémité la plus éloignée de la source un oculaire de microscope, puis, à une distance variable avec la nature de l'expérience, l'écran qui doit donner lieu au phénomène de diffraction. Il est préférable de mettre l'oculaire dans un troisième tube, distinct de celui qui porte l'écran, pour pouvoir faire varier plus commodément la distance de ces deux pièces. Toutes les pièces peuvent être montées dans des bouchons de liège. On interpose en outre dans les tubes plusieurs diaphragmes de liège pour écarter les réflexions intérieures. Le réglage s'obtient simplement par le glissement et la rotation du tube étroit dans le tube large.

On peut observer ainsi très nettement les phénomènes qui caractérisent le petit trou, le petit écran, le bord d'un écran rectiligne, l'écran étroit, la fente étroite, le système de deux fentes parallèles, etc.

Avec deux fentes parallèles très voisines, on aperçoit deux systèmes de franges de diffraction séparés par des franges d'interférence (franges d'Young). Ces dernières franges sont larges et vivement colorées quand on allonge l'appareil de manière à séparer la source de l'écran et celui-ci de l'oculaire par des intervalles de 1 mètre chacun.

Appareil présenté à la Société française de physique le 5 décembre 1902.

Expérience pour montrer que l'image d'un objet donnée par un miroir plan est symétrique de l'objet par rapport au miroir.

On prend comme miroir plan une plaque de verre, par exemple un cliché 13×18 hors d'usage dont on a enlevé la gélatine.

On pose un bord de cette plaque sur une feuille de papier, de façon que la plaque soit perpendiculaire à la feuille de papier, et on trace au crayon l'intersection EF de la feuille MN et de la plaque P. Sur la portion M de la feuille, on a tracé un dessin tel que A ayant une droite et une gauche. Un

observateur qui se place du même côté de la plaque que le dessin A croit voir, s'il est en même temps placé convenablement par rapport à la lumière qui éclaire le lieu de l'expérience, un dessin sur la portion N de la feuille en arrière de la plaque. Avec un crayon il suit le contour de ce dessin A' qu'il croit voir. On enlève la plaque, et on constate facilement que A' est symétrique de A par rapport à EF, soit par des mesures géométriques, soit tout simplement en repliant la feuille de papier le long de EF : en ce cas on voit que le dessin A' se superpose au dessin A; on constatera facilement la superposition en piquant avec une épingle les sommets de l'un des triangles et repiquant après retournement autour de EF. Les piqûres doivent tomber sur les sommets du second triangle.

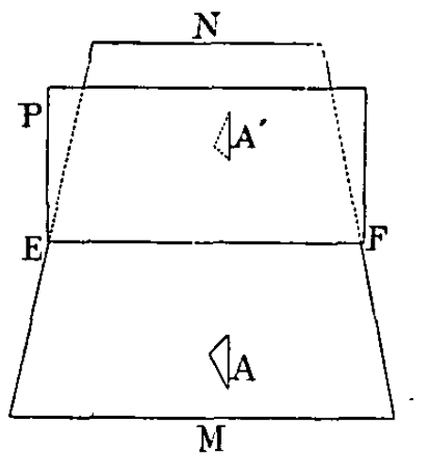


FIG. 5. — SYMÉTRIE DE L'IMAGE ET DE L'OBJET.

Communiqué par M. E. TOURNON,
Professeur à l'École primaire supérieure de Mossenil (Charente).

Appareil destiné à établir le principe de Watt ou de la paroi froide.

A et B (fig. 6) sont deux tubes à essai, ayant été coupés pour ne plus présenter qu'une longueur de 6 cm. Ces deux tubes sont reliés par un tube C, et dans le second trou de chacun des bouchons, passent deux autres tubes qui se recourbent ensuite de façon à présenter deux parties verticales *a* et *b* ayant plus de 76 cm. de long. Ces tubes sont entourés d'un manchon D dans lequel on fait passer un courant de vapeur d'eau entrant par le tube *d'* et sortant par le tube *d''*. Ce courant a pour but d'éviter, dans les tubes *a* et *b*, la condensation de la vapeur du liquide qui se trouve dans les tubes A et B. Le liquide est de l'alcool.

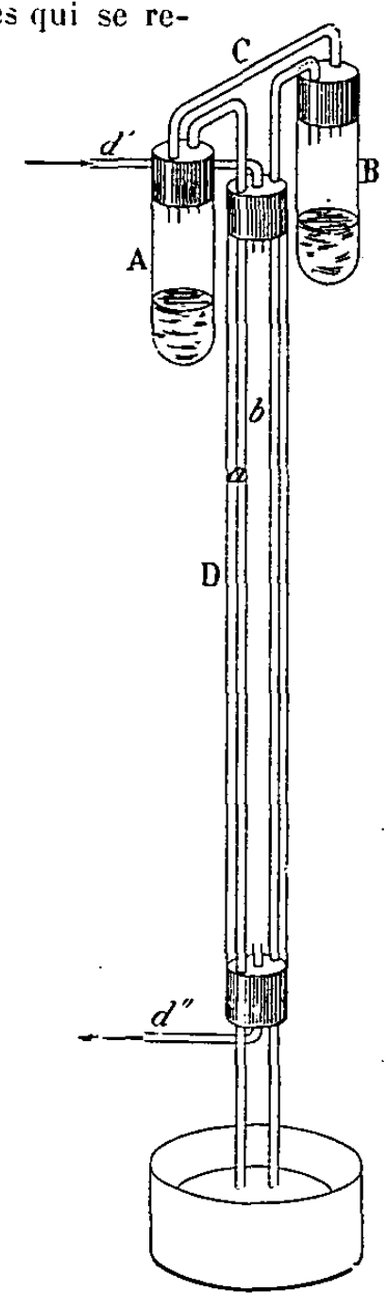


FIG. 6. — VÉRIFICATION DE LA PROPOSITION DE WATT.

MARCHE DE L'EXPÉRIENCE : Les deux tubes A et B sont plongés dans un même vase contenant de l'eau et placé sur un fourneau à gaz. On fait passer le courant de vapeur d'eau dans le manchon D, et on fait bouillir l'eau du bain.

L'alcool entre en ébullition. On laisse ouvertes les extrémités des tubes *a* et *b* jusqu'à ce que l'air soit bien chassé. A ce moment, on fait plonger les deux tubes dans une cuve à mercure (un cristallisoir de 10 cm. de diamètre). On prolonge encore l'ébullition pendant quelques secondes, puis on soulève tout le système, la cuve à mercure comprise, de façon que les tubes continuent d'y plonger, et on introduit le tube B, par exemple, dans un vase à précipité contenant poids égaux d'eau et d'azotate d'ammonium, en même temps qu'on replonge le tube A dans le bain primitif.

On voit immédiatement le mercure remonter également dans les deux tubes, ce qui vérifie le principe.

Il est bon de ne mettre que très peu d'alcool dans le tube B.

Communiqué par M. LAUREAU.

Appareil à production continue d'acide sulfhydrique.

On emploie un tube en **U** de dimensions variables suivant les besoins, par exemple 15 cm. de hauteur et 16 mm. de diamètre dont l'une des branches est en pointe effilée ouverte, ou fermée avec un bouchon traversé par un tube creux en pointe ouverte si on ne dispose que d'un tube en **U** ordinaire. L'autre branche sera fermée par un bon bouchon muni d'un tube étroit *a* recourbé et relié à un autre tube droit *b* à dégagement par un joint en caoutchouc serré avec une de ces petites pinces en bois à ressort qui sont si communes.

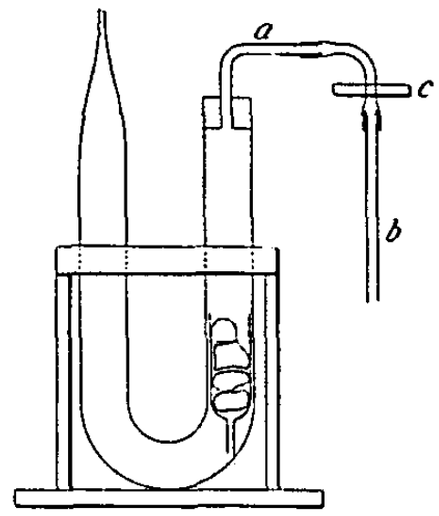


FIG. 7. — APPAREIL CONTINU A ACIDE SULFHYDRIQUE.

Au lieu de remplir la courbure du tube en **U** avec des fragments de verre, je préfère introduire un petit récipient fait avec un tube à essai hors d'usage étiré vers le milieu en pointe ouverte et dans lequel on met quelques morceaux de sulfure de fer artificiel. Si le diamètre de ce petit récipient est convenablement choisi, il se tient à peu près verticalement sur la pointe qui appuie sur la courbure et à hauteur convenable.

On verse ensuite de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, de manière à remplir la moitié de l'appareil au plus. La réaction commence aussitôt et l'hydrogène sulfuré qui se produit acquiert rapidement la force élastique suffisante pour refouler tout le liquide dans la branche de gauche en laissant le sulfure de fer à sec, qui dès lors n'est plus sensiblement attaqué même pendant plusieurs jours.

Ce petit appareil fournit instantanément 10 ou 12 cm^3 de gaz dès que l'on desserre la pince, pour recommencer à des intervalles très rapprochés. On peut si l'on veut remplir des tubes à essais en guise d'éprouvettes; mais il est surtout commode pour faire passer un courant lent mais bien suffisant d'hydrogène sulfuré dans les dissolutions salines à analyser.

Il est facile à nettoyer ou à démonter; sa forme et ses dimensions rendent insignifiante la diffusion dans l'air environnant : ce qui en fait un appareil presque inodore pouvant rester dans la salle de manipulations sans inconvénients, avantages que je n'ai rencontrés dans aucun des autres appareils dont j'ai eu à me servir pour les mêmes usages.

Sa construction et celle d'un petit support en bois fabriqué au besoin avec les planchettes d'une boîte de craie, qui peuvent être coupées et équarries avec un simple couteau, forment une manipulation intéressante à faire pour ceux des élèves qui s'intéressent à l'étude de la chimie.

Communiqué par M. A. ABERT,
Professeur de physique au collège de Béziers.

G. M.

VARIÉTÉ

UN BATEAU-TRAMWAY.

Les Américains ont imaginé, de longue date, des bacs à vapeur dits *ferry-boats* pour transporter les wagons de chemins de fer d'une rive à l'autre d'un fleuve ou d'un bras de mer. Sur

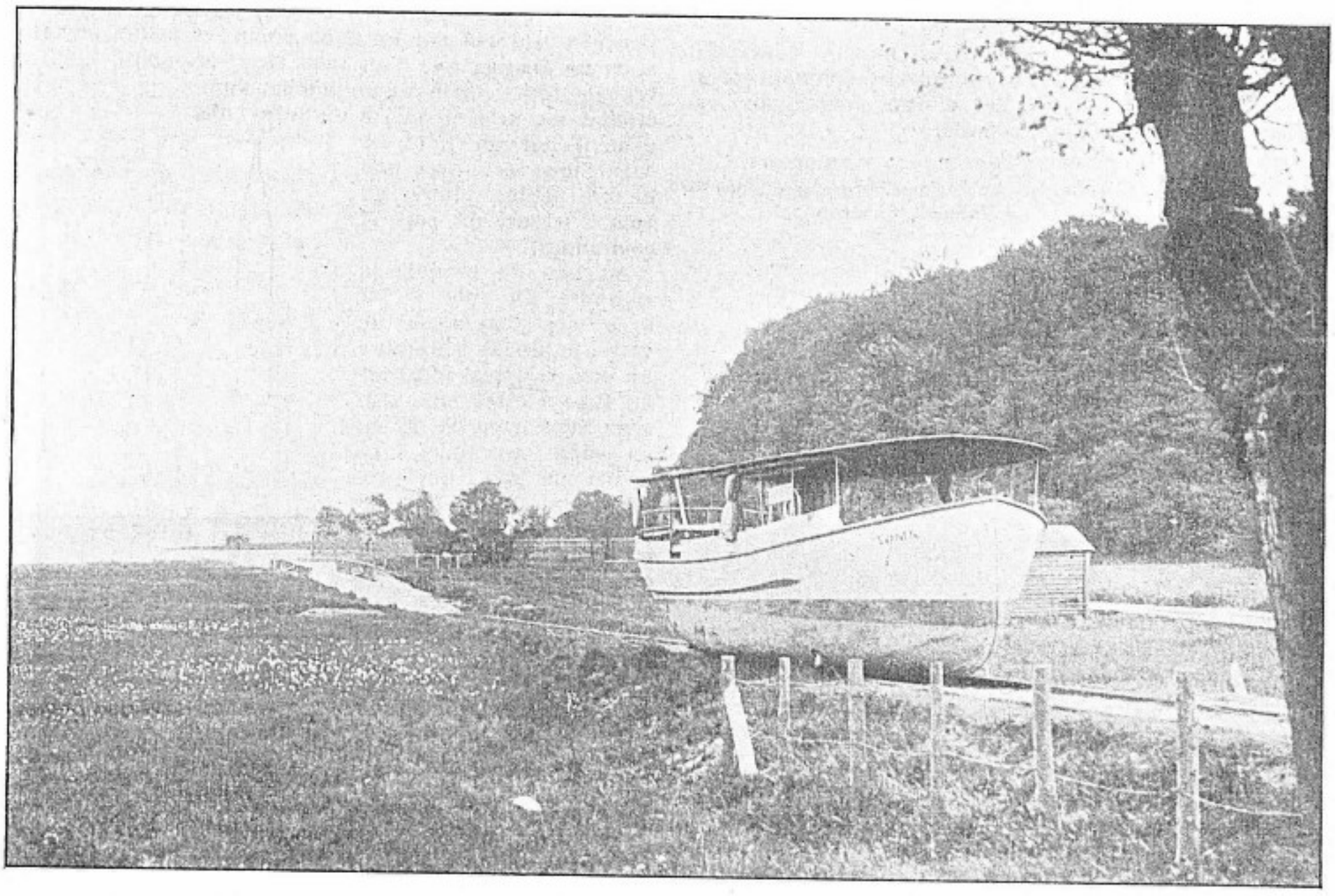


FIG. 1. — LE BATEAU-TRAMWAY LE « SVANEN » SUR LA TERRE FERME.

le pont du bateau, on fixe des rails qu'on raccorde avec les voies ferrées, grâce à d'ingénieux dispositifs compensant la différence entre la hauteur de l'eau et celle de la terre ferme. On transite ainsi, sans transbordement, marchandises et voyageurs. Le plus grand bac de ce genre est, croyons-nous, le *Solano* qui assure le service des trains du Central Pacific sur le Sacramento (États-Unis). Il mesure 129 mètres de longueur et son plancher peut supporter jusqu'à 48 wagons pesamment chargés. D'autres ferry-boats fonctionnent également dans plusieurs pays d'Europe : par exemple entre l'île anglaise de Wight et Portsmouth ; entre les lignes allemandes et suisses sur le lac de Constance. Au Danemark, la traversée du Grand-Belt s'effectue de même.

Naguère, le capitaine Eads voulut résoudre le problème de façon inverse. Afin de faciliter la navigation entre les Océans Atlantique et Pacifique, il proposa de faire passer en chemin de fer, l'isthme mexicain de Téhuantepec, aux plus gros navires. Inutile d'ajouter que cette entreprise mourut en naissant.

Plus modeste en ses desseins, un ingénieur suédois, M. Magnell, a tourné la difficulté en construisant un singulier bateau le *Svanen* qui, à l'instar des animaux amphibies, marche sur la terre ou vogue sur les eaux. Primitivement destiné à Boras, petite ville de Suède, ce yacht, probablement unique au monde, passa entre les mains d'une compagnie danoise qui l'emploie actuellement au transport des voyageurs sur les lacs de Lyngby, de Fur et de Farum, situés dans la banlieue de Copenhague. Le *Svanen*

part de Frederiksdal puis arrivé à Fiskebœk se métamorphose en tramway pour franchir un isthme en miniature large d'environ 315 mètres; il redevient alors aquatique et aborde finalement à Farum. L'ensemble du voyage dure à peu près une heure au milieu de sites très pittoresques dont notre photographie ne donne qu'une pâle image.

Ces renseignements géographiques terminés, au tour des explications techniques. L'embarcation a coûté en chiffres ronds 17 000 francs; elle mesure 11 mètres de longueur, 2m,80 de largeur et 1 mètre de tirant d'eau. La puissance de sa machine atteint 17 chevaux-vapeur.

Quand le *Svanen* va s'engager sur la terre ferme, on pèse sur une barre de fer garnie de dents qui s'engrènent dans l'arbre de l'hélice et déterminent la rotation de l'axe sur lequel les deux roues motrices sont montées vers l'avant. On a disposé l'autre paire de roues à peu de distance de la poupe. Ces 4 roues larges et creuses s'enfoncent à mi-corps dans des tambours imperméables qui empêchent l'inondation de la cale durant le parcours nautique.

Lorsque le bâtiment redescend la pente de l'autre côté de l'isthme, un frein permet de modérer son allure. Il entre doucement dans le lac et l'hélice recommence à frapper l'eau tandis que le mécanicien débraye les dents afin d'immobiliser les roues jusqu'au prochain abordage. En outre se trouvent disposées, à proximité des stations riveraines, des barrières en forme de V qui facilitent les manœuvres d'atterrissage en guidant le bateau jusqu'à l'engagement des roues sur les rails. On les aperçoit ici au dernier plan. Enfin, chose assez rare pour mériter une mention, le *Svanen* n'a encore causé la mort d'aucun de ses passagers bien qu'il emmène 70 personnes à chacun de ses voyages. Que cette constatation ne lui porte pas malheur !

JACQUES BOYER.

Revue critique des Travaux scientifiques.

AGRONOMIE

Congrès de l'alimentation rationnelle du bétail.

Au *Congrès de l'alimentation du bétail* qui se réunit chaque année à l'époque du Concours général, nombre de communications intéressantes ont été faites.

Nous n'en retiendrons que deux. La première a trait à l'utilisation des mélasses dans l'alimentation du bétail.

M. Chauveau a montré voici quelques années la grande valeur alimentaire du sucre. C'est par excellence l'aliment producteur de force, dynamogène comme on dit. M. Grandeau a entrepris à la Compagnie des Petites-Voitures des expériences pratiques qui confirment pleinement les conclusions de M. Chauveau. La mélasse peut être substituée avantageusement à d'autres aliments. Les animaux soumis à ce régime n'en ont pas été incommodés et ont fourni une plus grande somme de travail. Ce résultat favorable a été d'ailleurs observé sur d'autres animaux que le cheval et en particulier sur les bovidés. Au moment où le marché anglais menace d'être fermé à la sucrerie française il importe de retenir ces résultats.

L'assimilabilité des phosphates minéraux et leur influence dans l'alimentation du bétail est une des questions les plus importantes parmi celles mentionnées à l'ordre du jour du Congrès. Elle a fait l'objet d'une communication intéressante de MM. Gouin et Andouard dont j'indiquerai tout à l'heure la conclusion pratique.

J'ai fait il y a quelques années, au Laboratoire de Zootechnie de l'École de Grignon des expériences sur ce sujet. Elles ont été présentées à la Société de Biologie par le regretté professeur Sanson. Elles permettent d'expliquer les résultats obtenus par MM. Gouin et Andouard et c'est pour cela que je demande la permission de les résumer brièvement.

Je me proposais de voir si les phosphates minéraux (poudre d'os, biphosphate lavé) étaient assimilés par un lapin en période de croissance et s'il en résultait une formation plus hâtive du squelette. A cet effet j'ai déterminé la quantité d'acide phosphorique assimilé (acide phosphorique ingéré — acide phosphorique rejeté), pendant une période déterminée, pour un jeune lapin en voie de croissance recevant une ration de 50 grammes de son pur. Pour cela je dosais soigneusement l'acide phosphorique de la ration et des excréments solides ou liquides recueillis au moyen d'un dispositif spécial. — L'animal avait été préparé au préalable et soumis au régime de l'expérience pendant quelques jours.

La même expérience fut répétée dans des conditions identiques et après préparation du sujet en ajoutant à la ration quotidienne 0 gr. 500 de phosphate d'os. La quantité d'acide phosphorique assimilée étant supérieure à celle observée pendant la première partie de la recherche, l'excès provient du phosphate d'os et on peut calculer le coefficient de digestibilité de l'acide phosphorique qu'il contient. J'ai trouvé ainsi 25,8 p. 100. Antérieuremen Paul Gay était arrivé à 35,53 p. 100 en ce qui concerne le biphosphate lavé.

Ainsi donc les phosphates minéraux paraissent être, contrairement à l'opinion admise par beau-

coup de biologistes, directement assimilables, au moins par les animaux en voie de croissance. Dès lors ils doivent vraisemblablement exercer une influence sensible dans l'alimentation des jeunes chez lesquels le squelette se constitue.

Pour élucider cette question on forma quatre lots de lapins. Le premier (témoin) reçut une ration composée de carottes et de son. Les autres, la même ration plus pour le deuxième du glycérophosphate, pour le troisième du biphosphate et enfin du phosphate d'os pour le quatrième. L'accroissement de poids fut plus considérable pour les lapins qui avaient reçu des phosphates que pour ceux du lot témoin. Néanmoins il n'y a pas de rapport direct entre les poids gagnés et les quantités de phosphate retenues ce qui ne saurait nous surprendre car il est nécessaire de tenir compte du coefficient individuel.

MM. Gouin et Andouard ont repris ces expériences sur des veaux dans le but de supputer les bénéfices de cette addition et de chercher sous quelle forme (phosphates minéraux ou poudre d'os) l'acide phosphorique doit être introduit. Leurs expériences ont duré plusieurs années et ont porté sur de nombreux animaux. Je résume brièvement leur conclusion. L'acide phosphorique sous forme de poudre d'os — le phosphate monocalcique s'est montré bien inférieur — est susceptible d'exercer une action très favorable sur la nutrition des jeunes ruminants. Il augmente notamment la quantité de matière azotée qui se fixe dans leurs tissus.

L'éleveur a donc intérêt à ajouter de la poudre d'os à la ration des jeunes animaux. Elle peut être donnée à dose massive sans inconvénients et l'acide phosphorique que les animaux ne retiendront pas se retrouvera dans le fumier. Par ce moyen il hâtera la constitution du squelette dont la conséquence est un accroissement de la précocité. Cette addition est d'autant plus utile que les fourrages sont plus pauvres en acide phosphorique et elle est à conseiller dans les régions granitiques où cet élément fait défaut dans le sol.

LÉON GIZOLME,
Ingénieur agricole,
Chimiste à l'Observatoire municipal de Paris.

PHOTOGRAPHIE

Projections stéréoscopiques.

A l'exposition de Pâques de la Société française de physique, M. Macé de Lépinay a obtenu un légitime succès au moyen d'un dispositif intéressant de projections stéréoscopiques. Le problème de l'obtention du relief en projections a été déjà résolu de bien des manières : la méthode du Dr Schobbens, vulgarisée par d'Almeida, reposant sur l'emploi de verres de couleurs complémentaires présente l'inconvénient d'exiger deux lanternes de projection ; les anaglyphes de Louis Ducos du Hauron, basés sur le même principe, n'exigent, il est vrai, qu'une seule lanterne ; mais, dans les deux cas, il y a une grande absorption de lumière. Le colonel Mœssard avait imaginé, il y a trois ou quatre ans, un dispositif de *jumelles stéréoscopiques* qui a l'inconvénient d'être un peu lourd et encombrant. Enfin, vers 1891, M. Abel Buguet proposa de projeter côte à côte les deux vues stéréoscopiques et de les examiner au moyen du *binocle stéréoscopique de poche*, dont il a ainsi indiqué la construction : « Pratiquez dans une planchette deux trous carrés dont les axes soient distants de 65 millimètres et assez grands pour contenir des verres stéréoscopiques ordinaires que vous y logez, arêtes en dedans. Collez sur chaque face du bois un carton percé de deux trous dont les axes coïncident avec ceux des trous carrés. Placez l'appareil devant les yeux à quelques centimètres ; vous verrez trois images si le champ de l'appareil est un peu grand. Celle du milieu présentera le merveilleux relief stéréoscopique. » M. Macé de Lépinay emploie deux prismes de crown d'angles égaux, découpés circulairement et montés comme des bésicles, ce qui permet le réglage, les montures étant rondes. La distance de l'observateur à l'écran étant choisie de manière que chaque prisme déplace chacune des images de la moitié de sa largeur, le spectateur voit trois images contiguës. Celle du milieu, seule, résulte de la fusion d'images différentes perçues par les deux yeux et donne le relif stéréoscopique, d'autant plus accusé, par contraste, que les deux images latérales, résultant chacune d'impressions monoculaires, ne le présentent pas.

Les prismes qu'il emploie ont des angles de 12°, 10°, 8°, et 6° (les déviations correspondantes sont environ moitié moindres). Pour des images d'un mètre de côté, les distances correspondantes des observateurs sont : 4 m. 50 ; 5 m. 40 ; 6 m. 80 et 9 mètres. L'aberration chromatique est insensible. On peut employer soit une seule lanterne, soit deux lanternes, chacune des deux vues étant projetée avec une lanterne différente.

G.-N. NIEWENGLOWSKI.

PETITES APPLICATIONS DES SCIENCES NATURELLES

Les mangeurs de livres.

Les savants et les érudits ne sont pas les seuls à « dévorer » les livres. Un certain nombre d'insectes plutôt séduits par leur côté matériel, s'attaquent à leurs feuillets, aux reliures, à la colle et aux bibliothèques, qu'ils dévorent entièrement si l'on n'y met bon ordre. C'est dans le but d'opposer une barrière à leurs dégâts qu'a eu lieu devant le congrès des Bibliothécaires trois concours ayant pour objet l'étude scientifique des insectes qui s'attaquent aux livres et les moyens de les détruire. L'un des lauréats, M. Constant Houlbert, professeur au lycée de Rennes, vient de faire paraître son travail, et, grâce à lui, nous allons pouvoir donner quelques détails sur la question.

Les insectes qui peuvent nuire aux livres et aux bibliothèques sont plus nombreux qu'on ne le croit généralement. M. Houlbert en a décrit soixante-sept espèces ; elles se rapportent à sept ordres différents, mais le groupe des Coléoptères en comprend à lui seul presque la moitié. A part les Termites qui produisent toujours des dégâts considérables, mais qui sont heureusement rares et localisés en Europe, ce sont les Coléoptères et les Orthoptères qui sont les plus nuisibles ; parmi les Coléoptères, les plus dangereux de tous pour les livres, sans comparaison possible, sont les petits insectes du groupe des Anobium ou Vrillettes. On peut même aller plus loin et dire que, de tous les insectes nuisibles aux livres, le

plus dangereux de tous et le plus répandu est l'*Anobium paniceum* ou Vrillette du pain. Neuf fois sur dix, en France, ce sera lui que les bibliothécaires auront à combattre.

Les insectes du genre Anobium ou Vrillettes ont tous des couleurs ternes, jaunâtres, grisâtres ou brunes. Tous ont le corps ovoïde ou cylindrique; la tête est enfoncée dans le corselet qui est fortement courbé et qui prend l'aspect d'un capuchon; les pattes sont rétractiles; les antennes, insérées au bord antérieur des yeux, possèdent onze articles dont les trois derniers épaissis forment une massue plus ou moins distincte; les élytres sont de

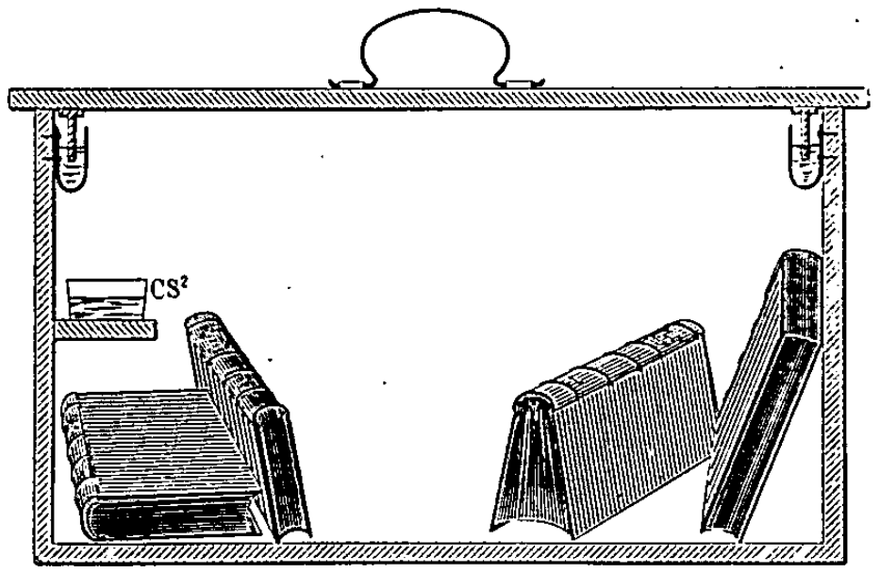


FIG. 1. — BOITE A FUMIGATION CONTENANT LES LIVRES ATTAQUÉS PAR LES INSECTES.

couleur fauve ou brune : en les regardant on pense involontairement à la livrée et à l'attitude des moines. A l'état adulte, ces insectes ont l'habitude de frapper avec la tête les parois des galeries dans lesquelles ils vivent; il en résulte une sorte de battement très monotone que l'on entend fréquemment pendant la nuit, d'où le nom d'*Horloges de la mort* qu'on leur a quelquefois donné : ce bruit semble avoir pour but aux deux sexes de se prévenir de leur présence et de s'appeler. Quand on les inquiète, ils simulent la mort en contractant leurs pattes sous le corps et en rétractant fortement leur tête dans le corselet.

C'est l'*Anobium paniceum* ou Vrillette du pain qui produit dans les livres et les bibliothèques ces trous circulaires d'un millimètre de diamètre qui font dire qu' « ils sont piqués des vers ».

Les Vrillettes femelles se bornent à déposer leurs œufs à la surface des reliures ou sur la tranche des feuillets, en choisissant les plus favorables à l'évolution de leur postérité comme, par exemple, une fissure étroite, une éraflure, l'abri offert par une feuille de garde imparfaitement collée sur ses bords. Aussitôt qu'elles sont écloses, ce qui arrive au bout de cinq à six jours en été, les jeunes larves pénètrent dans l'intérieur du livre en suivant toutes les directions où elles rencontrent de la colle de pâte; leurs galeries s'agrandissent à mesure que leur taille s'accroît. Petit à petit leurs mandibules deviennent suffisamment fortes pour attaquer la reliure, elles y pénètrent et y vivent un temps plus ou moins long en se nourrissant de la substance même du carton, du cuir ou du bois. Lorsque ces larves sont sur le point de se transformer en nymphes, elles se rapprochent de la surface extérieure, et la seule étendue libre qui leur soit laissée lorsque les livres sont rangés côte à côte sur les rayons d'une bibliothèque est le dos du livre. Les larves se confectionnent alors, tout près de la surface libre, une petite chambre un peu plus large que les galeries ordinaires et tapissée à l'intérieur de quelques fils de soie; c'est dans cette chambre étroite que la petite larve se transforme en nymphe. L'insecte parfait éclôt au bout de quinze à vingt jours, et, pour devenir libre, n'a qu'à percer, avec ses mandibules, la mince pellicule qui le sépare du dehors; alors il s'envole si la température est favorable. Les trous circulaires que l'on voit quelquefois en si grand nombre sur le dos des vieux livres reliés, sont donc des trous de sortie et non des trous de pénétration. Ces trous peuvent évidemment, dans la suite, servir à de nouvelles pontes, les femelles trouvant là un abri tout préparé pour leur postérité; mais la première invasion se fait par des larves nées à la surface même des reliures et qui pénètrent dans les volumes par des trous absolument imperceptibles.

L'adulte a une forme cylindrique et mesure deux à trois millimètres de longueur environ. Sa couleur est d'un brun clair uniforme et ses élytres, marquées de stries longitudinales, sont couvertes d'une pubescence fine et serrée. On le rencontre partout où l'homme s'est établi, dans les réserves alimentaires, dans les collections d'histoire naturelle, dans les matières organiques desséchées, etc., et partout il se montre extrêmement nuisible, s'attaquant pour ainsi dire à tout. L'accouplement se fait probablement dans les galeries. Après cet acte, les mâles sortent et s'envolent pour mourir bientôt. Les femelles, au contraire, demeurent dans leur retraite et y pondent. Si le milieu devient moins nutritif, elles sortent aussi et émigrent. La sortie des adultes se fait surtout en juin et dans la soirée.

Les larves sont blanchâtres, légèrement courbées en arc. Leur corps cylindrique (2 mm.) est composé de 13 segments y compris la tête; celle-ci est brune, écailleuse et armée de deux fortes mandibules dentées du côté interne. Cette larve creuse, dans la reliure des livres surtout, mais aussi dans une foule d'autres substances, des trous parfaitement ronds, dont le diamètre est très peu supérieur à celui de son corps : leurs galeries sont presque toujours droites. Elles ne changent de direction que si l'animal vient à rencontrer un obstacle infranchissable, comme, par exemple, le clou d'une fermeture ou d'une garniture métallique.

Avant toute chose, la larve de l'*Anobium paniceum* recherche les substances amylacées, telles que la pâte de farine, la pâte d'amidon, le papier collé, les pains à cacheter, etc.; c'est pour atteindre ces substances qu'elle place souvent des galeries très longues au travers des corps durs et possédant une très faible valeur nutritive pour elle.

Pour détruire les Vrillettes qui attaquent des livres, il suffit d'enfermer le ou les volumes infestés dans une boîte en bois garnie à l'intérieur d'une feuille métallique et fermant très hermétiquement; dans un coin de la boîte, vers la partie supérieure est placé un flacon à large orifice contenant quelques centimètres cubes de sulfure de carbone ou simplement un tampon de mousseline imbibé de ce

même liquide : sa position élevée est destinée à permettre l'écoulement vers le bas des vapeurs qui sont beaucoup plus lourdes que l'air.

La grandeur des boîtes varie avec les dimensions des volumes à désinfecter et chaque bibliothèque pourra faire construire un matériel en rapport avec ses besoins; voici, avec de légères modifications, la description d'une boîte servant à cet usage et à d'autres usages du même genre, telle que l'indique M. H. du Buysson. Sa boîte rectangulaire en bois léger, est doublée intérieurement d'une feuille de zinc soigneusement soudée aux jointures; le rebord de la boîte porte, vers l'intérieur, une gouttière proportionnée aux dimensions de l'appareil; on place de l'eau dans cette gouttière. D'autre part, le couvercle également en bois garni de zinc, porte, en dessous, sur tout son pourtour, une lame verticale qui plonge dans l'eau; la fermeture de la boîte est ainsi absolument hermétique et il n'y a pas à craindre que les vapeurs de sulfure de carbone puissent s'en échapper (fig. 1).

Les volumes à traiter sont placés soit sur des châssis, à l'intérieur, soit simplement sur le fond de la boîte. La pénétration des vapeurs de sulfure de carbone est si considérable que quelques heures suffisent pour une désinfection complète; rien ne résiste à leur action, œufs, larves, nymphes, insectes parfaits sont asphyxiés en un temps très court : trente-six heures suffisent amplement.

La fumigation des volumes doit se faire à l'air libre, parce que les vapeurs de sulfure de carbone sont un poison; leur action sur l'organisme se traduit d'abord par un mal de tête violent, mais qui se dissipe assez rapidement. Comme on le voit, le procédé est basé sur la grande volatilité du sulfure de carbone, qui s'évapore rapidement à une température modérée et sous la pression atmosphérique; d'autre part, l'odeur désagréable des vapeurs ne persiste pas, elle disparaît complètement après une courte exposition des volumes traités à l'air libre. Il n'y a pas non plus d'inconvénient à employer une quantité de sulfure de carbone supérieure à celle qui serait strictement nécessaire; l'excès du liquide non évaporé peut être recueilli; il servira pour les opérations suivantes. Il est indispensable cependant d'appeler l'attention sur les dangers que présente la manipulation du sulfure de carbone. Les vapeurs de ce liquide sont non seulement très inflammables, mais elles peuvent former avec l'oxygène de l'air un mélange détonant très puissant. Toutes les opérations ayant pour but la désinfection des livres devront donc être faites, soit à l'air libre, soit dans une pièce bien aérée et, dans tous les cas, il faudra bien se garder d'ouvrir la boîte près d'une lampe ou d'une flamme quelconque pouvant provoquer l'inflammation; ces opérations doivent toujours être faites pendant le jour et de préférence dans la saison la plus favorable (avril à juin).

Les insectes naissant dans le bois des rayons ou dans les reliures sont tous des Coléoptères. Parmi les groupes qu'on rencontre toujours dans les bibliothèques, on peut citer les Anobiides et les Ptinides (fig. 2); parmi ceux qui sont suspects, on peut citer les Apatides, les Lyctides, les Cucusides, les Trogositides et quelques Ténébrionides. Ceux qu'on rencontre le plus souvent après la Vrillette du pain sont les *Lasioderma* et les diverses espèces du genre *Anobium*.

L'*Anobium striatum* ou Vrillette domestique est l'espèce la plus répandue dans notre pays; on la rencontre partout, mais surtout dans les habitations où elle s'attaque aux boiseries, aux solives, aux bois des charpentes; c'est elle qui perce dans les tables, dans les pieds de chaises, dans les armoires, dans les lits, dans les rayons de bibliothèques, etc., ces milliers de petits trous cylindriques. Sa larve dévore tous nos bois à l'intérieur desquels elle creuse des galeries profondes; sauf le cœur de chêne, aucun de nos bois, même les plus durs, n'est à l'abri de ses mandibules acérées. Elle ne pénètre qu'accidentellement dans les reliures elles-mêmes. Dans tous les cas, comme le dit Perris, le meilleur moyen de se garantir de ses ravages, c'est de n'admettre dans les charpentes, dans les parquets et dans les meubles aucune parcelle d'aubier, car c'est dans l'aubier exclusivement qu'elle se développe en respectant les couches plus profondes, c'est-à-dire le duramen.

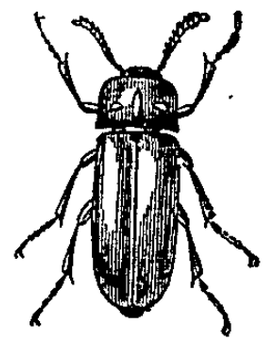


FIG. 2.
Ptilinus pectinicornis.
(Grossi 4 fois.)

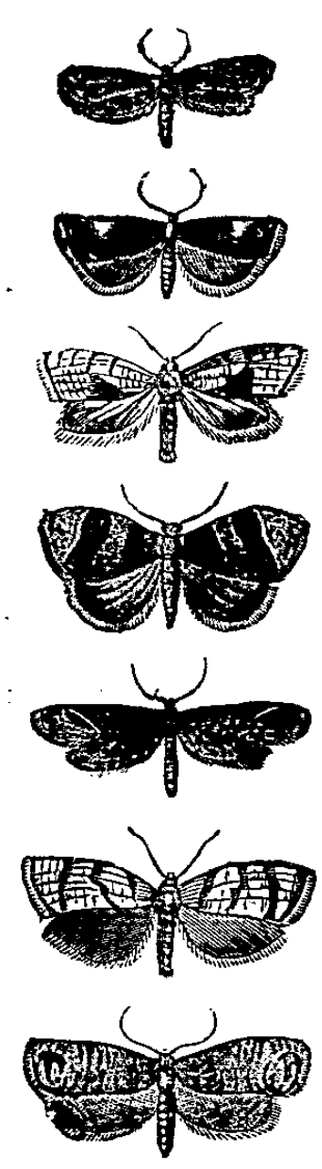


FIG. 3. — DIVERSES TEIGNES.

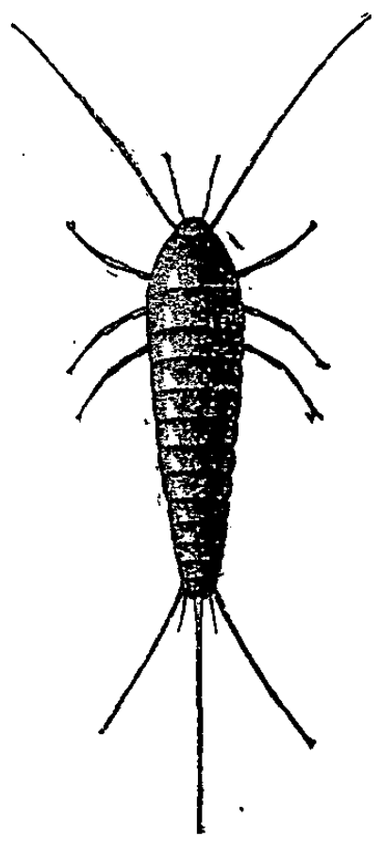


FIG. 4.
LÉPISME DU SUCRE.
(Grossi 2 fois.)

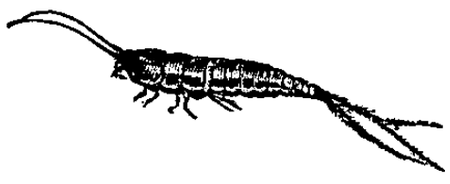


FIG. 5. — LÉPISME.

Les bois injectés de solutions minérales ont aussi beaucoup plus de chance d'être à l'abri de ses attaques, quelquefois même une bonne couche de peinture et de vernis suffira à les préserver. Les insectes parfaits sortent de leurs galeries vers le mois de juin ou de juillet et c'est aussi à ce moment, d'après Goureau, qu'a lieu l'accouplement; c'est

donc à cette époque qu'il conviendra de rafraîchir les peintures et de boucher les trous, surtout si

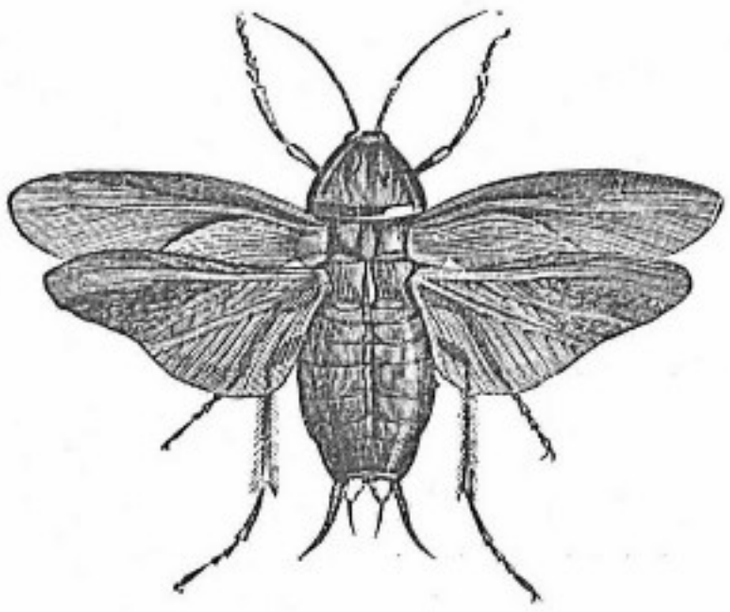


FIG. 6. — BLATTE.

l'on remarque quelques insectes marchant sur les boiseries.

Dans la catégorie de dévastateurs naissant dans le livre lui-même, on doit ranger tous les insectes dont les œufs sont perdus à l'intérieur des livres ou des reliures. On a ici tous les Coléoptères; aux Anobiides et aux Ptinides s'ajoutent les Dermestides. Joignons-y les Lépidoptères de la famille des Tinéides (Teignes, fig. 3) et nous aurons tous les insectes qui s'attaquent spécialement aux reliures. Quant à ceux qui, tout en se développant à l'intérieur des volumes, recherchent le plus particulièrement le papier et la colle de pâte, on peut citer les Thysanoures, les Poduridés et les Psocidés (Psoques). En ce qui concerne les Blattes, à moins de circonstances toutes particulières, leurs œufs sont toujours déposés dans les fentes des murs ou des boiseries.

Les insectes recherchant la colle et les substances amylacées sont les Lépismes (fig. 4 et 5) (appelés aussi poissons d'argent, à cause de leur livrée grise et de leur rapidité), les Lépidocystes, les Seira, les Psoques, etc. Pour les détruire, il suffira de nettoyer fréquemment les coins sombres des bibliothèques humides avec une solution concentrée de carbonate de soude à 35 p. 100.

Les Coléoptères de la famille des Dermestides (fig. 6 et 7) recherchent avant toute chose le cuir des reliures; parmi les Lépidoptères, il en est de même des Tinéides. Les Blattes (fig. 8 et 9), au contraire, sont attirées par le papier, surtout s'il est humide,

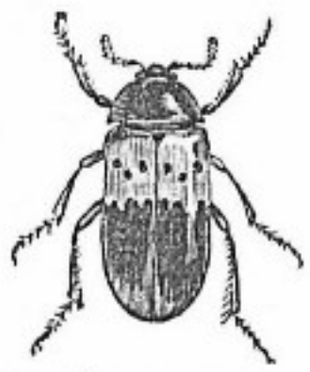


FIG. 7. — DERMATE.

FIG. 8. — NYMPHE DE DERMATE.

mais dans le cas de disette, elles n'épargnent ni le cuir ni le carton des reliures.

Les blattes appartiennent au groupe des Orthoptères coureurs. Ce sont des Insectes dépourvus d'organes stridulants et dont les pattes postérieures sont impropres au saut. Ce sont des animaux ennemis de la lumière; leur corps aplati leur permet de passer par les fentes les plus étroites sous les portes dans les caisses et les armoires. Ces commensaux de l'Homme sont de voraces omnivores mais peu friands de viande. Il y a de nombreuses espèces de Blattes : la blatte germanique, la blatte lapone, la blabère, etc.

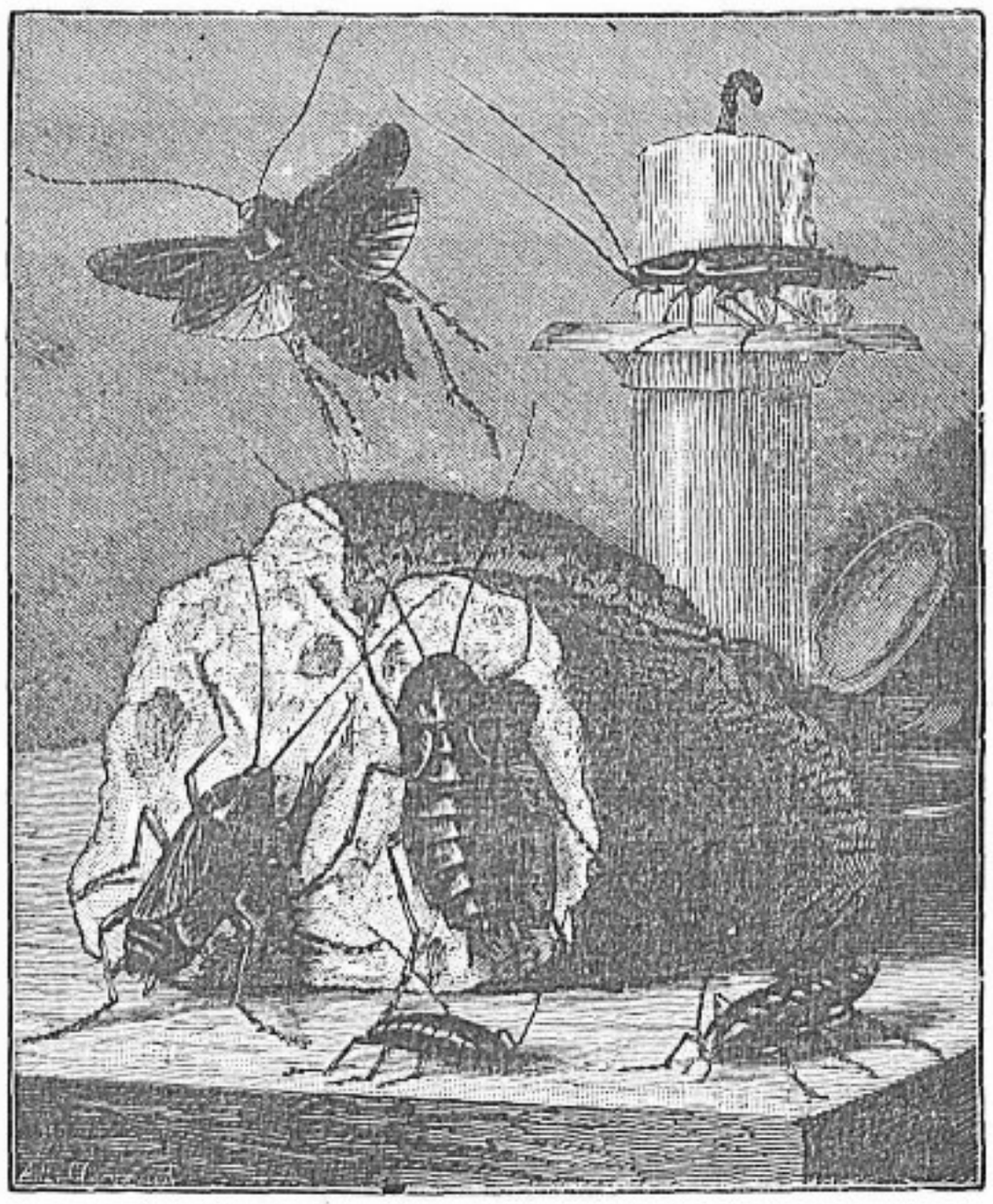


FIG. 9. — BLATTES.

Les insectes nuisibles aux livres ne sont pas très nombreux dans les bibliothèques du nord de la France, où l'on ne peut guère citer que les Vrilles et les Lépismes. A mesure qu'on s'avance vers les contrées méridionales, les espèces nuisibles deviennent de plus en plus nombreuses, mais c'est surtout dans les contrées tropicales que l'on a à redouter les ravages les plus sérieux. C'est là surtout que les Termites abondent et qu'ils conduisent sur de vastes surfaces, leurs dangereux travaux souterrains.

HENRI COUPIN.

Bulletin Météorologique.

Juin 1903.

Le mois de juin a été, comme le précédent, normalement chaud au commencement, frais et très pluvieux au milieu, beau et chaud à la fin.

Une aire de forte pression a persisté, du 1er au 10, sur l'ouest de l'Europe, tandis que des dépressions se trouvaient sur la Méditerranée; il en est résulté sur la France un régime de vent de nord-est. Le 4, par exemple, la pression barométrique atteint 775 mm. en Irlande, tandis qu'un minimum voisin de 750 mm. se trouve près de la Corse; il en résulte un gradient assez élevé sur l'ouest de l'Europe, et des coups de vent de nord-est accompagnés d'une mer grosse, à la pointe du Cotentin.

Nous pouvons noter, à ce propos, l'influence des conditions géographiques sur la force du vent. Pour un même gradient barométrique, le vent est généralement plus fort sur mer que sur terre. Il en résulte que la force du vent est généralement différente en deux stations où le vent arrive après avoir passé, pour l'une sur une étendue de terre, pour l'autre sur une étendue de mer. C'est ce qui se produit pour des vents de nord-est, qui sont toujours beaucoup plus forts à Cherbourg et à la Hague, que sur la côte anglaise.

Du 9 au 26, la distribution des pressions devient très complexe par suite de l'instabilité des fortes pressions, et de la fréquence des dépressions. Celles-ci, dont la trajectoire a été très irrégulière, ont été généralement de peu d'étendue, très souvent limitée à une seule région de la France, où elles amenaient une circulation atmosphérique bien définie, suivant la loi de Buys Ballot. Ainsi, le 9 on trouve deux minima, l'un sur la Bretagne, l'autre sur le golfe du Lion, et dans la région entourant chacun d'eux, le vent tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre. A 7 heures, le vent est nord-est à Cherbourg, et ouest à Nantes, sud-est à Cette et ouest à Perpignan. Le 15 encore, il y a deux minima, près de Jersey et près d'Utrecht, de telle sorte que le vent souffle de directions presque exactement opposées au Pas-de-Calais et à la pointe du Cotentin.

Parmi les dépressions de la période, il nous faut signaler celle qui a traversé la France du 19 au 20, en amenant des coups de vent sur la Manche et des pluies torrentielles dans toutes les régions. C'est la plus profonde qui ait été signalée en Europe pendant le mois de juin. Le 19, à 7 heures du matin, le baromètre marquait 745 mm. à Brest et à Lorient; le vent était faible de l'est, dans la première de ces stations, modéré du sud-ouest dans la seconde.

Pendant cette première partie du mois, le temps est frais et très pluvieux en France, surtout du 9 au 21. Du 9, à 7 heures du matin, au 22 à la même heure, on a recueilli, d'après le *Bulletin* du Bureau central, 177 mm. d'eau à Nice, 98 mm. à Lyon, 87 mm. à Lorient, 81 mm. à Limoges. Des averses torrentielles sont tombées à différentes reprises : à Charleville, un violent orage qui éclate dans la nuit du 1er donne 32 mm. d'eau en 15 minutes, la pluie est accompagnée de grêle qui occasionne de très grands dégâts. A Perpignan, on recueille 46 mm. d'eau le 8 en 4 heures, au mont Aigoual 119 mm. d'eau le 19 en 24 heures. A Nice, il est tombé en trois fois 24 heures (le 1er, le 9 et le 19) 216 mm., presque la moitié de la quantité d'eau qui tombe en moyenne pendant toute une année à Paris.

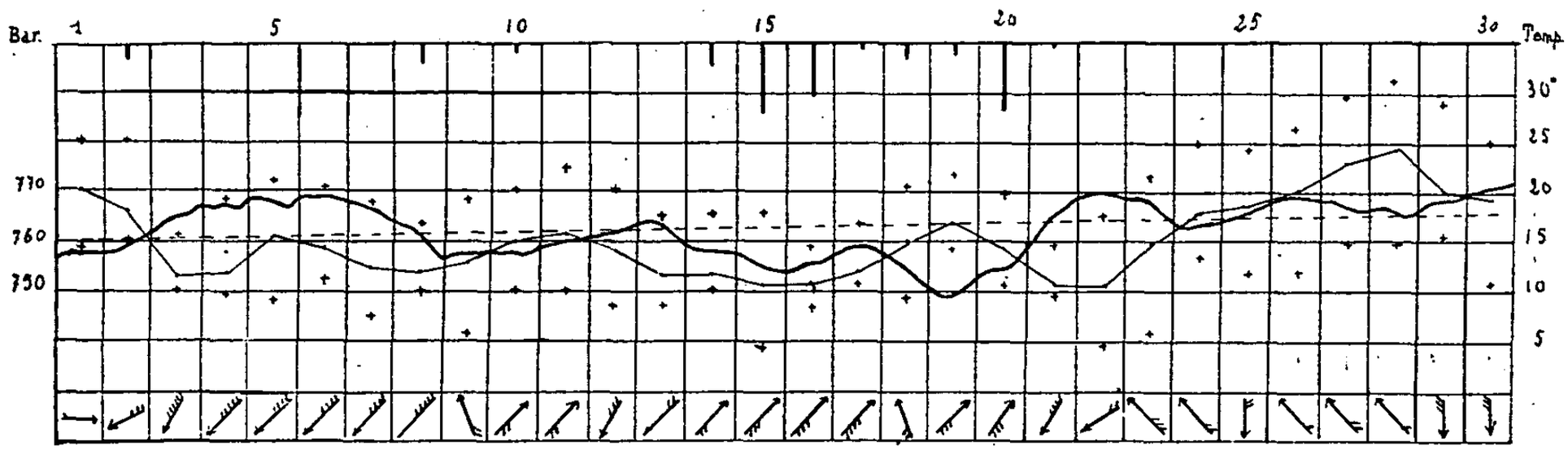


DIAGRAMME DES OBSERVATIONS DU PARC SAINT-MAUR. — JUIN 1903.
(D'après le *Bulletin international* du Bureau central météorologique.)

La courbe en trait gras représente la marche du baromètre, ramené au niveau de la mer. Les croix indiquent les températures maxima et minima, les points reliés par des traits fins, les températures moyennes de chaque jour. La courbe pointillée donne la température normale de chaque jour du mois. La direction du vent est figurée par les flèches, la force par le nombre de pennes de 0 (calme) à 9 (tempête). Les traits gras verticaux partant du haut donnent la hauteur de pluies (1 mm. pour 1 mm. d'eau.)

Les journées les plus fraîches ont été celles du 9, du 15 et du 22.

Ce n'est pas seulement en France que le temps a été froid et pluvieux, il en a été de même sur les Iles Britanniques. Les gelées à glace ont été signalées dans le nord et l'est de l'Écosse le 13, le 14 et le 20; dans la nuit du 12 au 13, la température au ras du sol s'est abaissée à — 1°,1 à Londres, à — 2°,8 à Hillington. Quant aux pluies, elles ont été absolument anormales; pendant la période de 4 fois 24 heures finissant le 17 à 9 heures du matin, on a recueilli 92 mm. à Oxford, 77 mm. à Londres, alors que la quantité moyenne du mois entier est de 48 mm. pour la première station, et de 53 mm. pour la seconde.

Le temps s'est rapidement amélioré à partir du 23 en même temps qu'une aire de forte pression s'établissait sur l'ouest de l'Europe, et s'étendait ensuite vers le nord-est. Il en est résulté un régime de vents d'entre nord et sud-est et un grand réchauffement. Le 28, les maxima de température ont atteint 34° au Mans, 33° à Limoges, 32° à Clermont, 31° à Lyon.

A Paris, la température du mois de juin (moyenne des maxima et des minima), est inférieure de 1°,2 à la normale. Depuis 53 ans, les plus basses et les plus hautes températures que l'on ait observées en juin sont respectivement de 2°,1 en 1881 et de 35°,4 en 1858.

Il y a eu, au Parc St Maur, 11 jours de pluie, dont 8 consécutifs, du 14 au 21, et 4 jours d'orages.

CH. GOUTEREAU.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

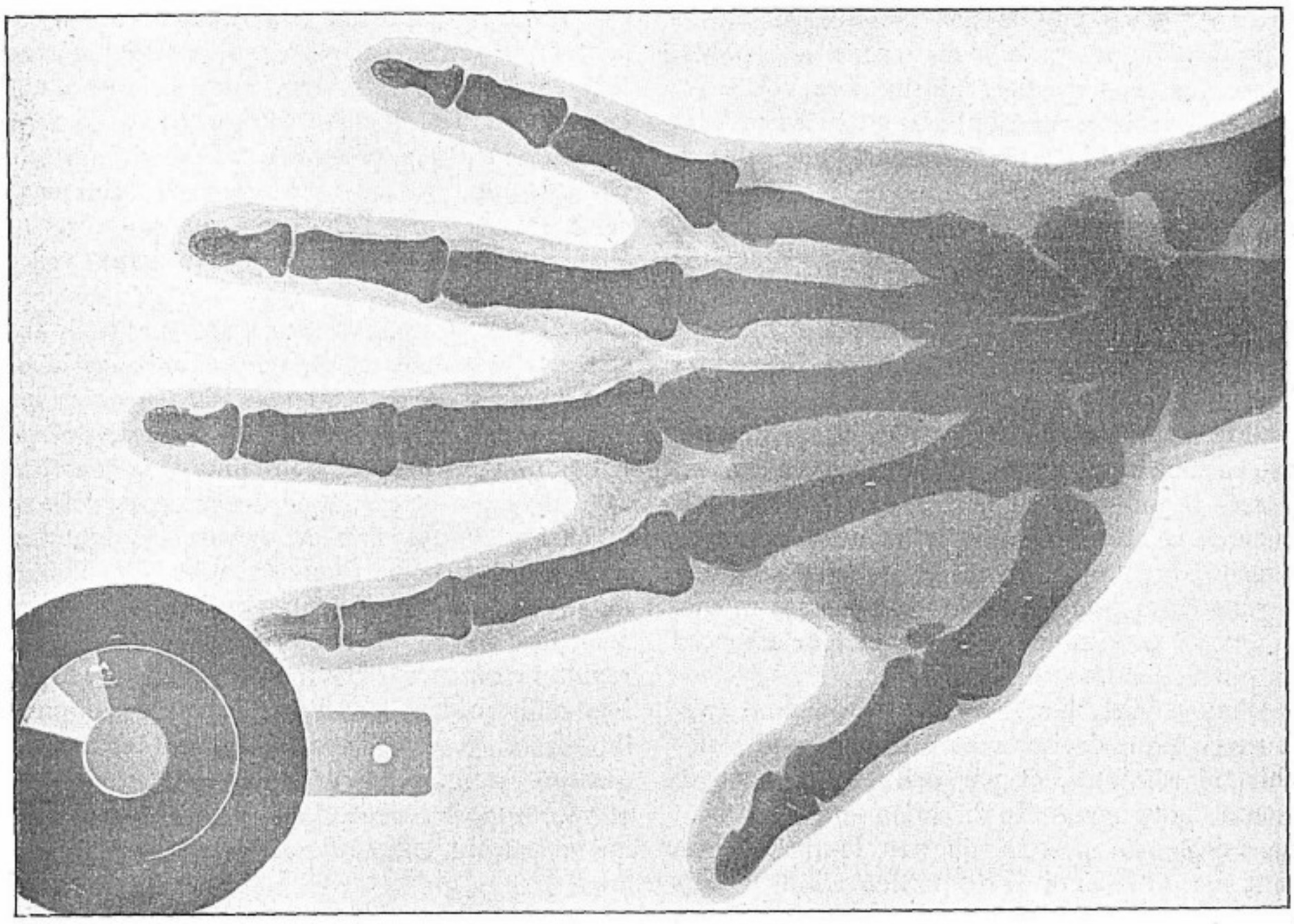
Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

PHYSIQUE

LOIS DE TRANSPARENCE DE LA MATIERE POUR LES RAYONS X. — APPLICATIONS DIVERSES.

La propriété la plus saisissante des rayons que découvrit, en décembre 1895, le Professeur Röntgen, et qu'il nomma rayons X, est assurément celle qui les lui révéla, c'est-à-dire leur aptitude à traverser les corps les plus opaques pour la lumière ordinaire. Toutes leurs autres propriétés, successivement découvertes, par Röntgen lui-même, et par différents physiciens, vinrent se grouper autour de celle-là, soit en s'y rattachant par leur nature même, soit en donnant des moyens nouveaux pour l'étudier.

Grâce au mouvement qui, dans la presse quotidienne ou scientifique, accompagna la découverte des rayons X, il n'est assurément personne qui n'ait conservé le souvenir de leurs caractères principaux. Il me suffira donc de les rappeler succinctement, afin que les lecteurs de *La Science au XXe siècle* puissent mieux se rendre compte des progrès réalisés dans l'étude de la propriété fondamentale dont il est question ci-dessus.



ÉPREUVE RADIOGRAPHIQUE OBTENUE AVEC DES RAYONS X DE DEGRÉ 2°,05 ET REPRÉSENTANT DES VAISSEAUX SANGUINS APPARENTS.

On sait que les rayons X prennent naissance à l'intérieur d'ampoules de verre contenant de l'air raréfié jusqu'à une pression de l'ordre du millionième d'atmosphère; deux conducteurs métalliques (anode et cathode) en traversent la paroi, et sont mis en communication avec les deux pôles d'une machine électrostatique ou d'une bobine de Ruhmkorff. Pendant qu'une

succession de décharges électriques traverse ainsi l'ampoule, la cathode devient le point de départ d'un flux matériel très subtil, rectiligne, et chargé d'électricité négative : ce sont les *rayons cathodiques*. Tout obstacle frappé par ces rayons, tel que la paroi de l'ampoule, ou une petite plaque métallique convenablement placée à l'intérieur (anticathode), devient le foyer d'émission des rayons X. Ceux-ci partant en ligne droite dans toutes les directions, traversent les parois de l'ampoule, et provoquent, jusqu'à plusieurs mètres de distance l'illumination d'un écran recouvert de sulfure de zinc ou de platino-cyanure de baryum, ainsi que l'impression développable des plaques photographiques. Ils traversent les corps interposés, même les plus opaques à la lumière, comme le papier noir, le carton, le bois, etc. ; les métaux eux-mêmes, mais seulement en lames minces, les laissent aussi passer tout en les affaiblissant; ils les arrêtent dès que leur épaisseur est notable; les substances organiques, comme la chair, les transmettent aisément; les substances minérales, comme les os, les arrêtent presque complètement : c'est ainsi que se forme sur l'écran illuminé, l'ombre du squelette rendu visible au milieu des chairs vivantes. En général, ce sont les corps les plus denses qui laissent passer le moins facilement les rayons X; mais aucune relation certaine n'apparaît entre la densité de la matière et sa transparence aux rayons X, et pour plusieurs substances même, la densité ne semble pas être le facteur essentiel au phénomène.

D'autre part, les rayons se propagent toujours en ligne droite, sans être jamais ni réfléchis, ni réfractés, et par suite sans éprouver aucun changement de direction en rencontrant un miroir, un prisme, ou une lentille. Ils ne sont susceptibles ni de diffraction, ni de polarisation.

Tels sont les principaux caractères que signala Röntgen dans son premier mémoire.

La propriété de décharger les corps électrisés, découverte par nous[1], peu de temps après, fut le point de départ d'une autre catégorie de phénomènes non moins importants, en même temps qu'elle fournissait une méthode d'étude quantitative d'une grande précision.

1. L. Benoist et D. Hurmuzescu, *C. R. Académie des Sciences*, 3 février 1896.

Par cette méthode, nous démontrâmes l'hétérogénéité des nouveaux rayons, en établissant, dans une suite de mesures, que ces rayons étaient absorbés en proportions très différente, par une épaisseur d'un même corps, selon la nature, l'état de raréfaction, le réglage électrique de l'ampoule de Crookes employée. Cette absorption variable, susceptible de mesures exactes, devait permettre de préciser les variations d'aspect et de propriétés des ampoules radiogènes, et de substituer des désignations numériques aux expressions vagues de rayons *mous* et de rayons *durs*, employées d'abord par Röntgen pour indiquer ces apparences diverses.

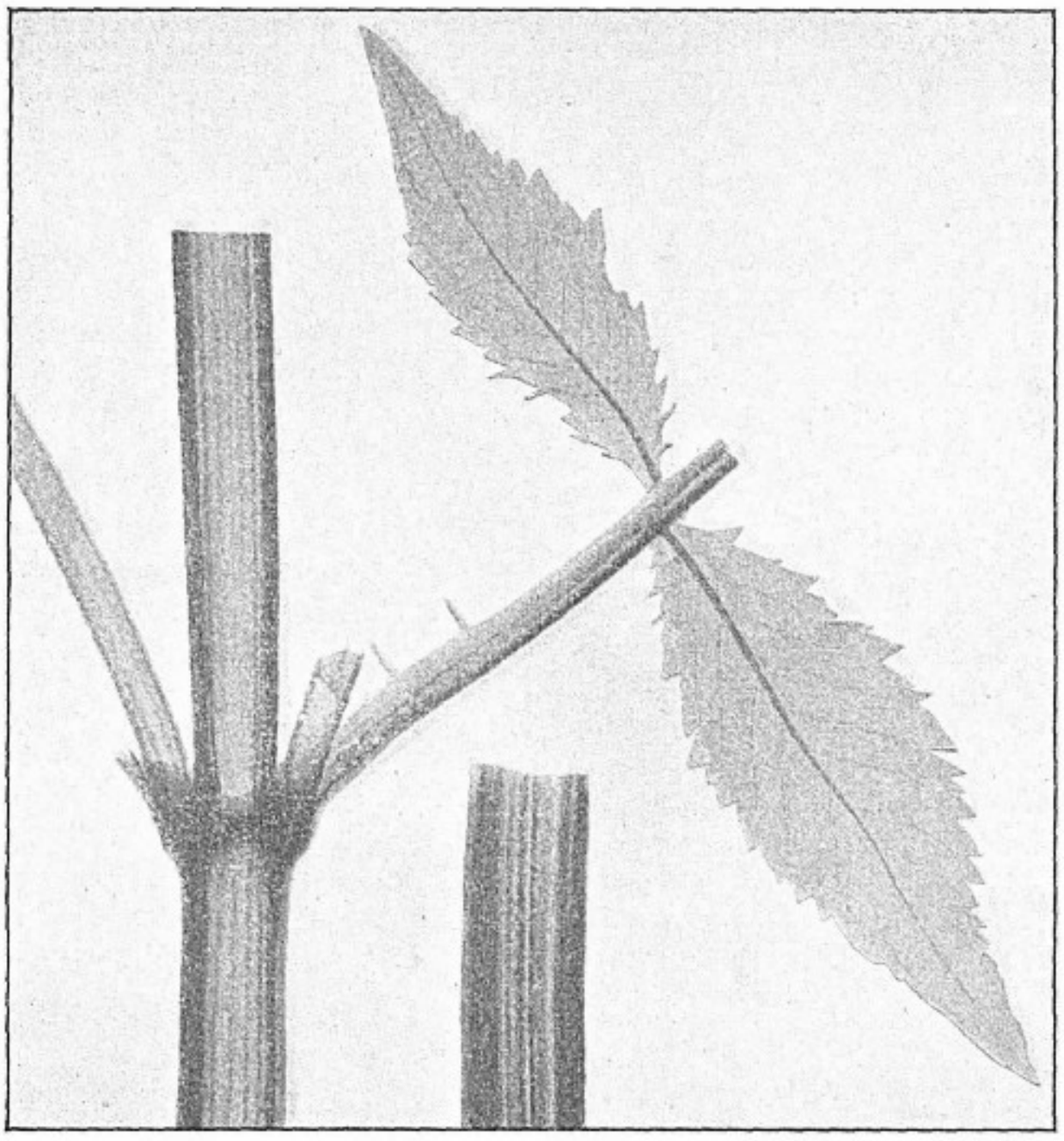
C'est cette propriété des rayons X, de présenter un pouvoir de pénétration variable avec leur espèce, variable aussi avec la nature des corps traversés, que j'ai désignée sous le nom de *radiochroïsme*, par analogie avec l'aptitude variable que possèdent les rayons lumineux, selon leur propre coloration, de traverser un corps transparent et coloré, tel qu'un verre rouge ou bleu.

Deux des principaux problèmes à résoudre concernant les rayons X, étaient leur classification au point de vue du radiochroïsme, et les relations existant entre la transparence des corps pour une même espèce de rayons et la constitution physique et chimique de ces corps. Dans une assez longue série de recherches, dont une partie fut en même temps relative aux phénomènes électriques, j'ai particulièrement poursuivi la solution de ce double problème. Les résultats obtenus constituent un ensemble de lois suffisamment générales et précises, pour intéresser, je crois, tous ceux qui ont prêté quelque attention à la découverte des rayons X, et pour apporter une aide profitable à tous ceux qui se servent de ces rayons dans leurs diverses applications.

Sans donner ici le détail des méthodes de mesure que j'ai utilisées, il me suffit d'indiquer l'emploi, selon les cas, de la décharge d'un électromètre, de l'impression des plaques photographiques, ou de l'illumination des écrans fluorescents, avec des dispositifs spéciaux, donnant les garanties nécessaires de sensibilité et de précision: L'un de ces dispositifs pouvant toutefois rendre des services dans un certain nombre d'applications des rayons X, il me paraît utile d'en donner une courte description.

Cet appareil radioscopique (fig. 1 et 2) est formé par une boîte noire que l'on protège contre les rayons secondaires par une caisse extérieure

de métal où sont ménagées les ouvertures nécessaires. Cette boîte est munie de deux bonnettes *B* qui servent à regarder l'écran fluorescent placé soit dans la paroi opposée (rayons horizontaux) soit dans la paroi horizontale supérieure (rayons verticaux); dans ce dernier cas, une glace inclinée à 45° se place à l'intérieur de la boîte. Sur une plaque métallique supérieure, munie d'une fente, se placent aussi dans le second cas, les substances *S* dont on veut comparer la transparence à celle d'un étalon *e* convenablement choisi.



RADIOGRAPHIE DE TIGE ET FEUILLES DE CEPHALARIA TARTARICA, AVEC RAYONS X DE DEGRÉ 2°.

J'ai pu passer en revue la majeure partie des corps simples actuellement connus, ainsi qu'un nombre considérable de leurs composés ou mélanges, en prenant les uns et les autres sous les épaisseurs et sous les états physiques les plus variés; en même temps, j'ai fait varier, d'une façon méthodique, la qualité des rayons employés.

Comme, pour un même corps, ainsi que je l'ai reconnu, la quantité de matière traversée, ou *masse*, intervient seule, quel que soit le degré de tassement de cette matière, j'ai exprimé les épaisseurs par le nombre de *décigrammes* de matière que porte chaque *centimètre carré* de surface traversée. Un corps convenablement choisi étant pris pour étalon, sous une épaisseur déterminée, tous les autres corps sont amenés à l'épaisseur nécessaire pour avoir la même transparence que cet étalon, vis-à-vis d'une même espèce de rayons X. Par exemple une plaque de *lithium* pesant 115 décigrammes par centimètre carré et une plaque de fer pesant 2 dg. 7 par cm², offrent la même transparence pour une même espèce de rayons X, dont elles transmettent l'une et l'autre 6 p. 100. Ce sont ces deux *nombres* que j'appelle *équivalents de transparence* du lithium et du fer pour les rayons considérés.

L'expérience prouve que les équivalents de transparence des différents corps ne varient pas dans le même rapport, quand on change l'épaisseur étalon; c'est la conséquence du radiochroïsme. Pour la même raison, ces équivalents ne varient pas dans le même rapport si l'on passe d'une espèce de rayons X à une autre.

Voici, à titre d'exemple, quelques équivalents de transparence, pour rayons X de dureté moyenne, donnant une transmission de 6 p. 100 (Degré radiochromométrique = 8°).

	Décigrammes.
Lithium (Li)	E = 115
Carbone (C)	E = 70
Silicium (Si)	E = 15,7
Fer (Fe)	E = 2,7
Plomb (Pb)	E = 0,8
Uranium (Ur)	E = 0,6

Les équivalents de transparence, ainsi définis et mesurés, m'ont permis d'établir un certain nombre de lois, dont voici les principales.

PREMIÈRE LOI. — *La transparence spécifique d'un corps, pour une espèce donnée de rayons X et pour une épaisseur étalon déterminée, est*

indépendante de l'état physique de ce corps.

En effet, le même corps présente le même équivalent de transparence, à l'état solide, à l'état liquide, ou à l'état gazeux. C'est ce que

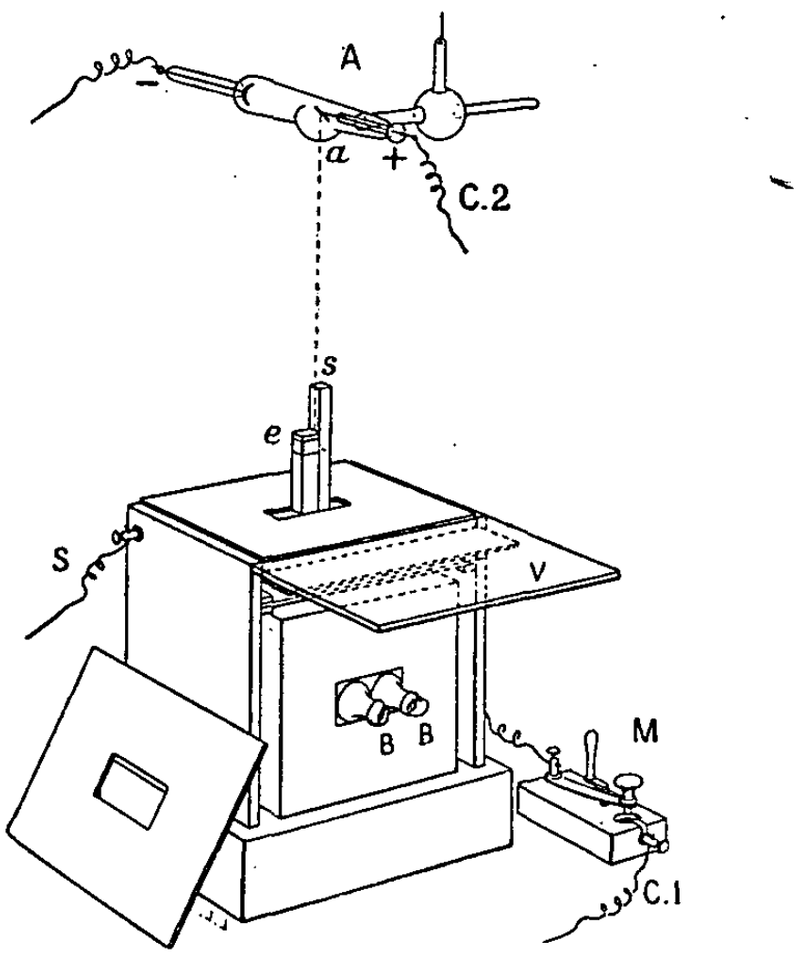


FIG. 1. — APPAREIL RADIOSCOPIQUE POUR L'ÉTUDE DES TRANSPARENCES.

j'ai vérifié pour l'eau et la glace, pour le brome liquide et en vapeurs, pour l'iode solide et en vapeurs, etc.

Les changements de température n'ont également aucune influence et la transparence d'une lame de platine incandescente est la même que si la lame est froide.

La transparence est également indépendante

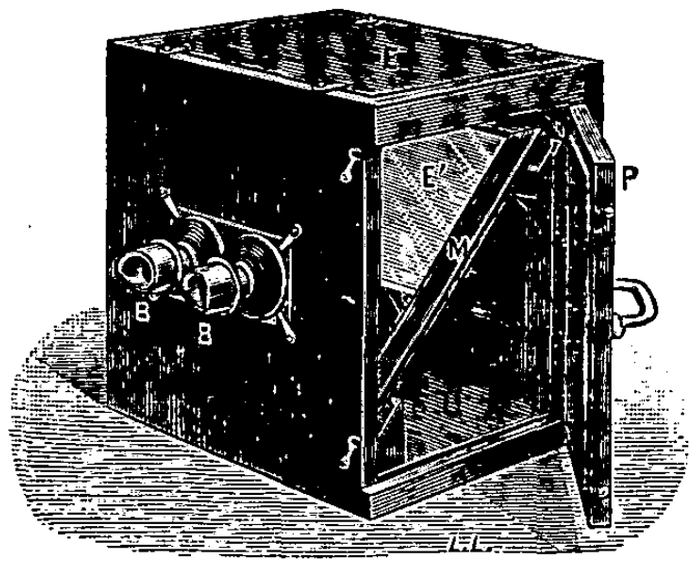


FIG. 2. — VUE INTÉRIEURE DE L'APPAREIL RADIOSCOPIQUE.

de l'état cristallin ou amorphe : le quartz ou silice cristallisée a même équivalent que la silice amorphe et pulvérulente, le charbon pur et amorphe que le graphite pur et que le diamant, etc.

DEUXIÈME LOI. — *La transparence spécifique d'un corps est indépendante du mode de groupement de ses atomes ou molécules, c'est-à-dire de ce que l'on nomme en chimie allotropie et polymérie.*

Ainsi le phosphore jaune et le phosphore rouge ont même équivalent de transparence.

Il en est de même de deux corps polymères, tels que l'aldéhyde benzylique C^7H^6O, dont $E = 61$ dg., et la benzoïne $C^{14}H^{12}O^2$, dont $E = 60$ dg. 5.

TROISIÈME LOI. — *La transparence spécifique est indépendante de l'état de liberté ou de combinaison des atomes.*

En d'autres termes, l'équivalent de transparence d'un corps simple est le même, que ce corps soit libre ou combiné, et l'équivalent de transparence d'une combinaison ou d'un mélange peut se calculer au moyen des équivalents de transparence des éléments constitutifs, en tenant compte de leurs proportions respectives, par un calcul analogue à celui que donne la densité d'un alliage ou d'un mélange [1].

QUATRIÈME LOI. — *La transparence spécifique des corps simples (mesurée toujours dans des conditions bien définies), est une fonction déterminée et généralement décroissante de leurs poids atomiques.*

En d'autres termes, dès que l'on a choisi un étalon de transparence et une espèce de rayons X déterminés, l'équivalent de transparence de chaque corps simple ne dépend plus que de son poids atomique, soit par une relation algébrique dont on établira une fois pour toutes les coefficients numériques, soit par une courbe dont le tracé s'obtiendra encore plus aisément.

Cette courbe s'obtient en portant sur un axe horizontal (*abscisses*) les *poids atomiques* des différents corps simples, et en élevant, aux points ainsi obtenus, des *ordonnées* représentant leurs

1. La formule à employer est la suivante :

$$\frac{M}{E} = \frac{m}{e} + \frac{m'}{e'} + \frac{m''}{e''} + \text{etc.}$$

dans laquelle :

M est la masse totale du composé ou mélange, E son équivalent de transparence,

m, m', m'' les masses respectives des éléments constituants; e, e', e'' leurs équivalents de transparence respectifs.

Voici un exemple : j'ai mesuré les équivalents de transparence de l'oxygène $e = 44$ dg. 5, du silicium $e = 15{,}7$.

Je veux calculer l'équivalent de transparence de la silice, SiO^2, qui contient 28 dg. de silicium pour 32 dg. d'oxygène ; j'ai l'équation :

$$\frac{28 + 32}{E} = \frac{28}{15{,}7} + \frac{32}{44{,}5}$$

qui donne : nombre calculé $E = 24$ dg., or la mesure directe donne $E = 24$ dg. 1 ; la concordance est donc parfaite.

Je reviendrai plus loin sur les applications pratiques et importantes de cette formule générale, dans laquelle un facteur quelconque peut être calculé, dès que l'on connaît tous les autres.

équivalents de transparence mesurés pour tous dans des conditions identiques.

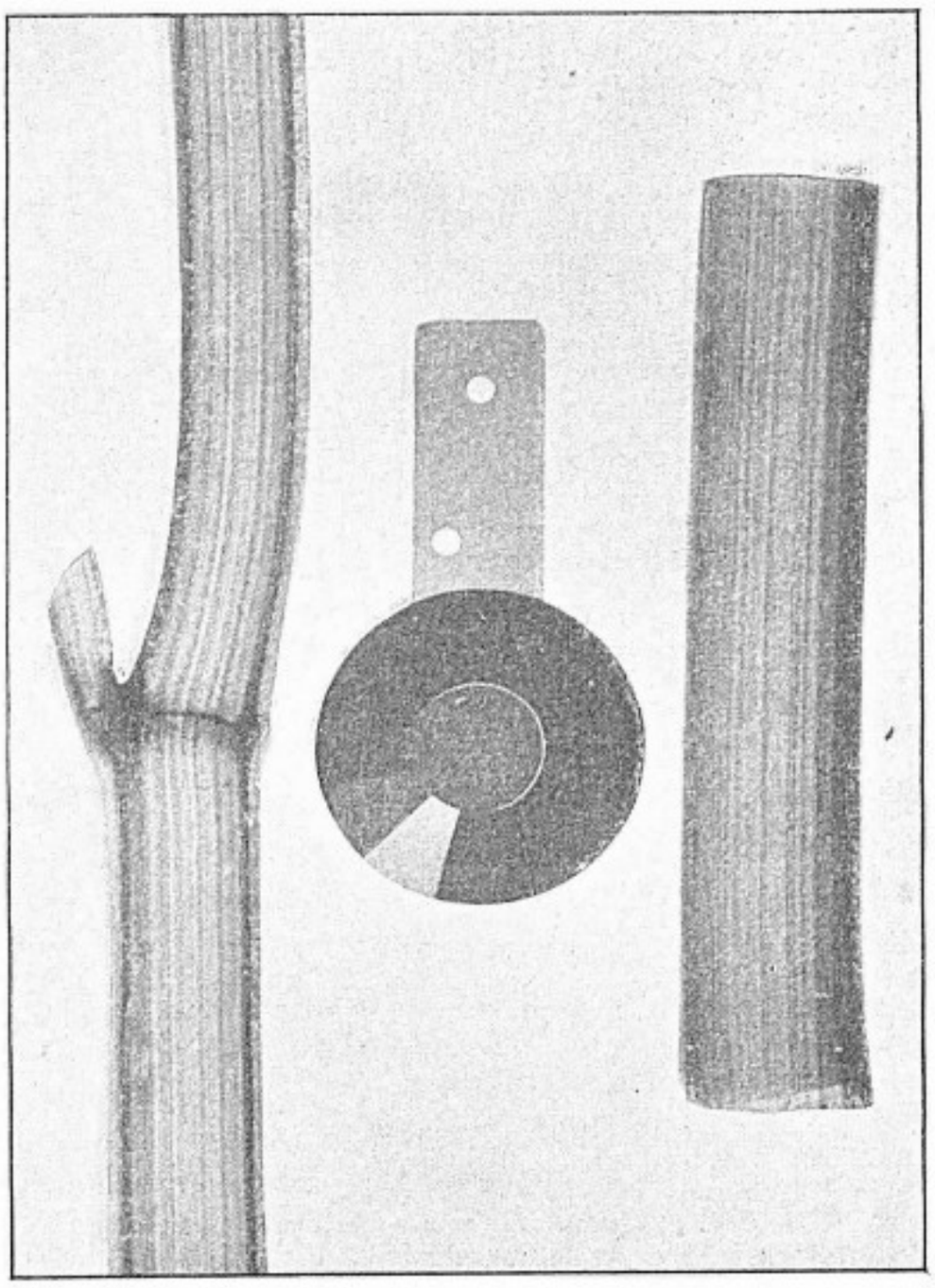
Telle est la courbe en trait plein de la figure 3. Elle a été établie pour une certaine qualité moyenne de rayons qui sera définie plus loin; elle va du lithium à l'uranium; mais la portion allant du carbone au fluor a dû être reportée à droite de la figure; quant à celle qui va du lithium (E = 115 dg.) au carbone (E = 70 dg.), elle n'a pu entrer dans le cadre de la planche : elle est très sensiblement rectiligne.

On voit, d'après l'ensemble de la courbe, que les équivalents de transparence des corps simples, pour ces rayons X moyens, vont constamment en diminuant, à mesure que le poids atomique augmente.

La forme de la courbe se complique si l'on prend des rayons X plus *mous* (exemple : courbe inférieure pointillée). Elle se simplifie au contraire vers les rayons X *très durs* en se rapprochant de la courbe hyperbolique supérieure pour laquelle les équivalents de transparence sont inversement proportionnels aux poids atomiques.

Il est essentiel de remarquer que l'on obtient *autant de courbes différentes que l'on emploie d'espèces différentes de rayons X*. Le réseau de courbes d'*isotransparence* ainsi obtenues représente la seule méthode de *dispersion* des rayons X actuellement possible.

Il résulte immédiatement des lois de transparence ci-dessus énoncées, que la transparence spécifique d'un corps simple, représentée par son équivalent de transparence dans des conditions déterminées, constitue une quantité constante et caractéristique de ce corps, sous quelque forme, dans quelque état de liberté, de combinaison ou de mélange qu'il se présente. C'est donc une *nouvelle propriété additive* de la matière, comme la masse, le poids atomique, la capacité calorifique atomique, avec l'avantage d'être indépendante de toutes les causes, température, état physique, etc., qui font varier cette dernière.



TIGES DE HERACLEUM PUBESCENS RADIOGRAPHIÉES AVEC DES RAYONS X DE DEGRÉ 2°.

Applications. — Il me reste à passer rapidement en revue les principales applications des lois précédentes.

1° *Qualification précise et classification des rayons X.* — Chaque courbe d'isotransparence définit une espèce particulière de rayons X. Cette définition expérimentale est entièrement comparable, par ses conséquences, à celle qu'un prisme donne des différents rayons colorés, lorsqu'il envoie chacun d'eux occuper sur un écran ou sur la rétine une position particulière. Cette méthode de *dispersion* s'applique également aux rayons secondaires, aux rayons de l'uranium, du radium, etc.; on peut ainsi former une véritable échelle spectrale de toutes ces radiations nouvelles, et probablement les relier ainsi aux rayons lumineux.

Cette qualification précise s'applique également aux tubes producteurs de rayons X et à leurs différents états. Elle permet de remplacer les désignations assez vagues et arbitraires de tubes et rayons *mous*, de tubes et rayons *durs*, par celle de la courbe d'isotransparence que donnent tel tube ou tels rayons. Le plus souvent deux points, c'est-à-dire deux équivalents de transparence convenablement choisis, suffisent pour désigner cette courbe; ces deux points

doivent correspondre à deux corps de radiochroïsme très différent.

L'*aluminium* et l'*argent* conviennent très bien à ce titre ; en associant une épaisseur déterminée d'argent à une série d'épaisseurs d'aluminium croissant suivant une loi simple (progression arithmétique) j'ai réalisé, sous le nom de *Radiochromomètre*, un appareil de forme et d'emploi très simples, donnant immédiatement par un seul coup d'œil, la désignation précise des rayons X employés.

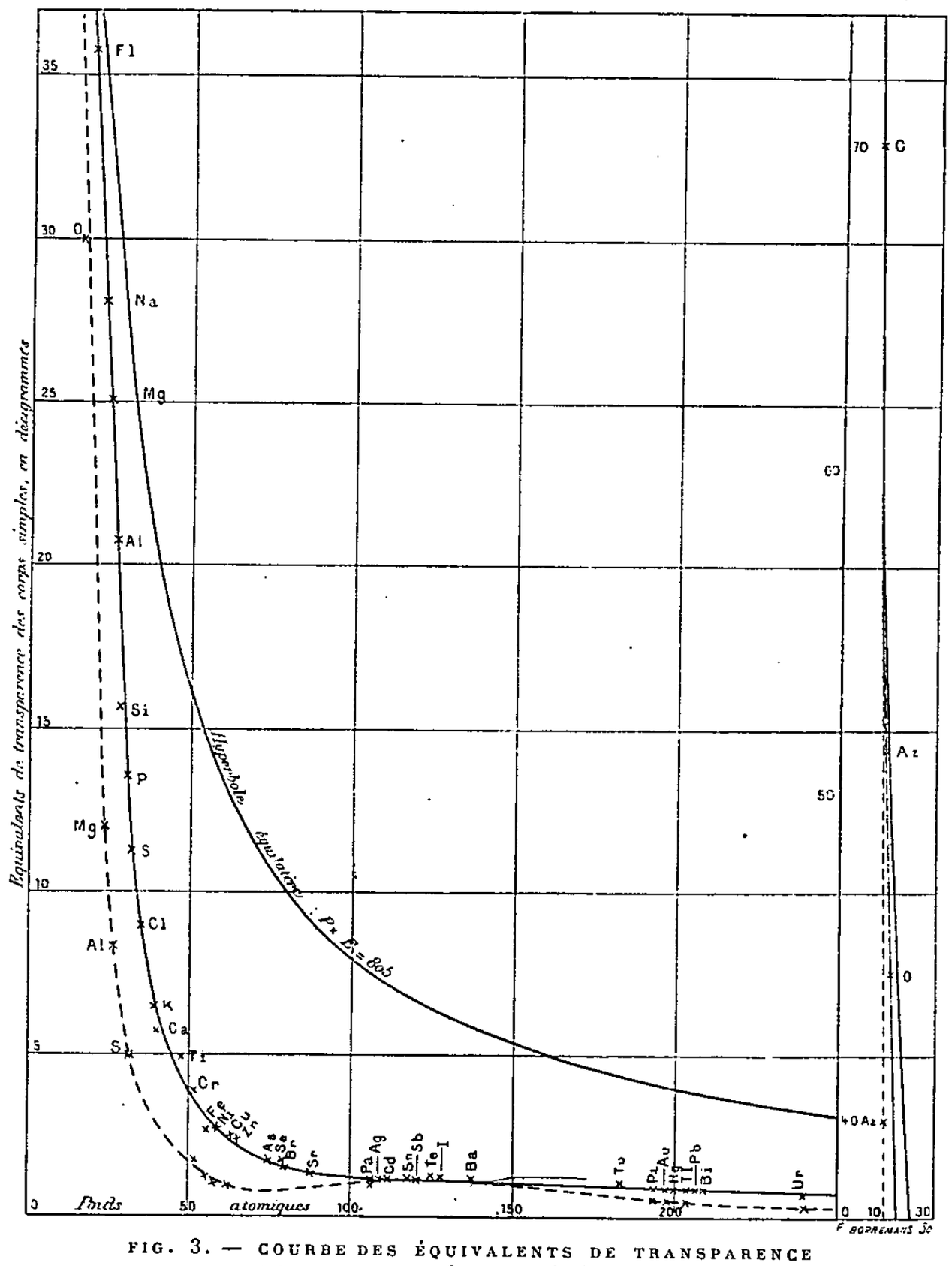


FIG. 3. — COURBE DES ÉQUIVALENTS DE TRANSPARENCE POUR LES DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS.

Dans cet appareil (fig. 4), un disque d'argent est entouré de douze secteurs d'aluminium distribués comme les heures d'une montre, ce qui dispense de les numéroter, car leur rang se reconnaît immédiatement par leur place même. L'appareil se pose soit sur la plaque radiographique, soit contre l'écran fluorescent. Sur l'image obtenue dans l'un ou l'autre cas (fig. 5), on observe quel est le secteur d'aluminium de même teinte que le disque central d'argent : son rang ou numéro d'épaisseur constitue le *degré radiochromométrique* des rayons X employés, et les définit complètement.

Ainsi la figure 5 représente la radiographie du radiochromomètre pour des rayons de degré 7°. La courbe principale de la figure (1) correspond au degré 8°, et la courbe inférieure pointillée au degré 3°,2. L'échelle de douze degrés ainsi constituée comprend toutes les qualités de rayons X obtenues jusqu'ici ; par exemple les rayons dits de dureté moyenne marquent 5° ou 6° ; les rayons très durs 9° ou 10° ; les rayons très mous 2° ou 3°. Les rayons du radium marquent en moyenne 0°,5. Il est aisé de répondre du demi-degré et du quart de degré dans l'emploi du radiochromomètre.

Un dispositif comprenant un tube de cuivre épais, dont une extrémité porte un écran fluorescent contre lequel est appliqué un radiochromomètre, et dont l'autre extrémité porte une bonnette s'appliquant hermétiquement contre l'œil, constitue une *lunette radiochromométrique*, qui permet de viser directement une ampoule radiogène, et de déterminer le degré des rayons qu'elle fournit.

Le radiochromomètre apporte à la technique des rayons X un secours comparable à celui que les diverses applications de la chaleur trouvent dans l'usage du thermomètre. Toute épreuve radiographique portant l'image du radiochromomètre en même temps que celle des corps radiographiés, accuse ainsi elle-même, par un document précis, la qualité des rayons qui ont servi à l'obtenir. Par suite, il devient possible de

déterminer exactement la qualité de rayons qui convient le mieux à chaque cas particulier. C'est ainsi que les rayons de degré 2° à 3° donnent, dans les radiographies de mains, le détail très apparent des vaisseaux sanguins au milieu des chairs, ce qui n'est plus réalisé pour des degrés supérieurs ; en revanche les détails des os n'apparaissent complètement qu'avec des rayons de degré 5° ou 6°. En botanique on peut obtenir d'excellentes radiographies de tiges molles avec leurs vaisseaux, de feuilles avec leurs nervures et leurs diverses altérations, en se servant de rayons très bas, de degré 1° ou 2° seulement.

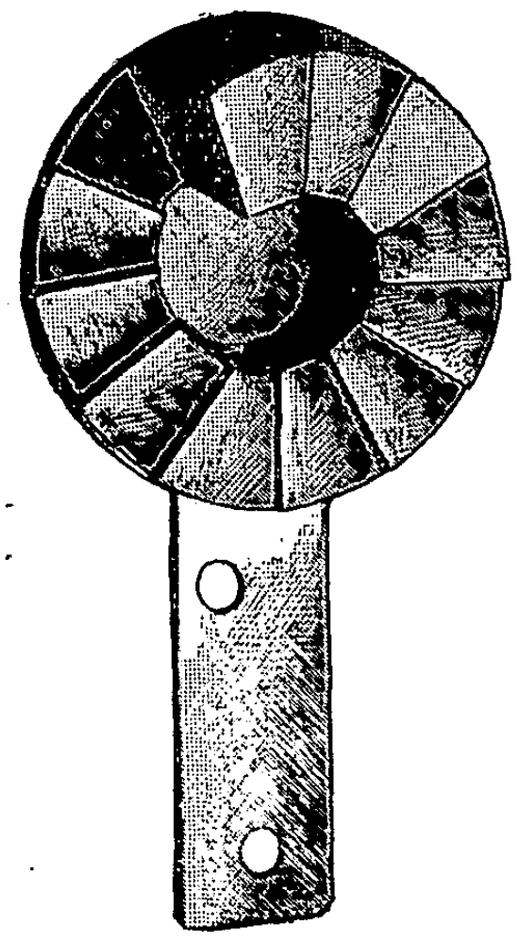


FIG. 4. — RADIOCHROMOMÈTRE.

2° Relation entre le pouvoir absorbant d'un corps pour des rayons X de qualité donnée, et son pouvoir émissif pour ces mêmes rayons; perfectionnement des tubes radiogènes, leur emploi rationnel. — Dès mes premières recherches, j'avais été conduit à admettre que les corps qui absorbaient le plus les rayons X en général, devaient aussi les émettre avec le plus de facilité en servant d'anticathode ; de là les avantages du platine, employé à ce titre, dans les tubes radiogènes.

Mais ce n'est pas seulement au point de vue de la *quantité* des rayons X absorbés, c'est aussi au point de vue de leur *qualité* que se distinguent les différents corps ; une distinction parallèle doit exister dans leur pouvoir émissif, et un corps particulièrement absorbant pour les rayons de degré bas, ou rayons mous, comme l'aluminium, devra, en servant d'anticathode, donner principalement des rayons mous.

C'est ce que j'ai vérifié : à résistance électrique égale, et à intensité égale, un tube à anticathode d'aluminium donne des rayons bien plus bas qu'un tube à anticathode de platine; par exemple, au radiochromomètre;

un tube à anticathode aluminium marquait	4°,5
un tube à anticathode de platine —	6°

l'étincelle équivalente étant la même. Aussi le premier donne-t-il des images plus détaillées, des oppositions plus marquées que le second.

A son tour un corps de poids atomique plus faible que l'aluminium, tel que le carbone, étant relativement plus absorbant pour les rayons bas, émet aussi (anticathode de diamant) des rayons de degré plus bas.

De là une application importante, que l'on pourrait appeler l'*orthochromatisme* en radiologie. On sait que si l'on veut distinguer le mieux possible des objets d'une certaine couleur, il y a souvent avantage à les éclairer avec une lumière particulièrement riche en rayons de cette couleur, et pauvre au contraire en rayons de la couleur du fond sur lequel ils doivent se détacher; c'est ainsi que les nuages très légers s'observent mieux en météorologie, en mettant devant l'œil un *verre jaune* qui *éteint le bleu* du ciel et fait paraître au contraire les nuages plus éclatants. De même, en radiologie, les organes ou tissus peu minéralisés, comme les vaisseaux sanguins, les muscles, etc., se distingueront mieux en se servant de rayons mous que de rayons durs, et cela parce que ces organes sont précisément beaucoup moins perméables aux premiers de ces rayons qu'aux seconds. En général, il conviendra d'employer des tubes radiogènes ayant *même radiochroïsme* que les corps qu'il s'agit d'observer ; c'est en variant la nature des anticathodes, conformément à la loi de variation du radiochroïsme, que l'on réalisera cette adaption méthodique des ampoules radiogènes ; il importe de se rappeler que plus le poids atomique s'élève, plus le pouvoir émissif total augmente, mais cette augmentation porte principalement sur les rayons les plus élevés.

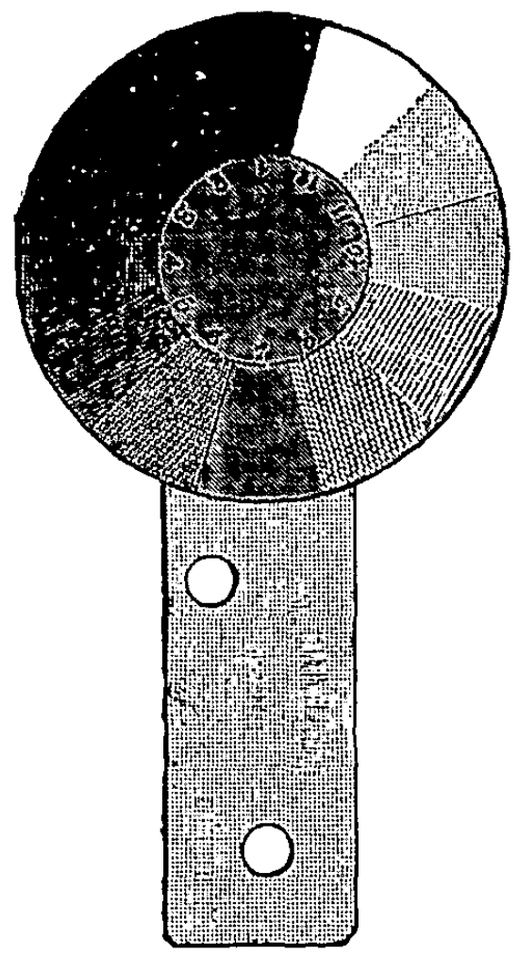


FIG. 5. — ASPECT D'UNE RADIOGRAPHIE DU RADIOCHROMOMÈTRE, VUE DU CÔTÉ GÉLATINE.

Sur l'écran fluorescent, l'aspect sera inverse, c'est-à-dire que les secteurs correspondants seront vus dans le même sens que les heures d'une montre.

3° *Méthode de détermination ou de vérification des poids atomiques.* — Cette méthode, qui ressort immédiatement de la relation signalée plus haut entre le poids atomique d'un corps simple et son équivalent de transparence pour une qualité bien définie de rayons X, est plus générale, et à maints égards, plus précise, que celle qui résulte de la loi de Dulong et Petit sur les chaleurs spécifiques; en effet l'équivalent de transparence d'un corps simple, constitue une constante physico-chimique absolument indépendante de tous les changements d'états physiques qui font souvent varier dans de très fortes proportions la chaleur spécifique.

La détermination de cette constante peut être faite par un examen physique aussi simple que rapide, portant, soit sur l'élément lui-mème, soit sur un mélange ou composé connus qui le renferment. La valeur numérique obtenue donne immédiatement la place de l'élément sur la courbe d'isotransparence correspondant aux rayons employés, et par suite son poids atomique.

Cette méthode contient, de plus, un précieux élément de contrôle, par l'étude du radiochroïsme de l'élément considéré, c'est-à-dire par le sens et la grandeur des variations de son équivalent de transparence, lorsqu'on passe d'une courbe à une autre en modifiant la qualité des rayons X employés. C'est ainsi qu'en appliquant cette méthode à l'indium, dont le poids atomique est encore discuté et présente deux valeurs possibles 75,6 et 113,4 j'ai pu montrer que l'équivalent de transparence de ce métal, avec tous les caractères de variation qui l'accompagnent, lui assignent le poids atomique 113,4 à côté de l'argent et du cadmium, et excluent formellement la valeur 75,6.

Ainsi ont été confirmées les conclusions d'ordre purement chimiques, formulées récemment par MM. C. Chabrié et E. Rengade, sur la même question.

4° *Méthode d'analyse qualitative et quantitative des composés et des mélanges.* — Les grandes inégalités de transparence qui furent constatées, dès la découverte des rayons X, dans les différents corps qu'on pouvait leur soumettre, suggérèrent immédiatement à beaucoup de personnes l'idée de les utiliser pour reconnaître certains mélanges, ou certaines fraudes de produits alimentaires ou industriels; on les appliqua par exemple à l'essai des diamants (Buguet et Gascard), à ceux des farines et des charbons, etc. : mais n'étant encore guidées par aucune loi, ces comparaisons étaient purement empiriques.

Les lois que je viens d'exposer nous fournissent au contraire aujourd'hui une méthode générale d'analyse qualitative et quantitative.

Connaissant les équivalents de transparence des corps simples pour des rayons X de degré déterminé, on peut calculer d'avance, par la formule donnée plus haut, l'équivalent de transparence d'un composé ou mélange donné et supposé pur. De la grandeur de l'écart observé on déduira à quel groupe chimique appartient l'élément étranger; les phénomènes de radiochroïsme fourniront encore ici un précieux contrôle.

Si l'on connaît déjà, par d'autres caractères, la nature des éléments constitutifs du corps étudié, c'est l'une des masses m que l'on pourra prendre comme inconnue dans la formule donnée. On effectuera alors une analyse quantitative dont la précision atteindra facilement le millième et même davantage. C'est ainsi que l'uranium étant environ 80 fois plus opaque que l'eau, et l'œil pouvant aisément saisir une différence de teinte de l'ordre de 1/20, il sera facile de reconnaître radioscopiquement 1/1600 d'uranium à l'état de sel dissous dans l'eau.

5° *Applications à la médecine.* — A l'emploi bien connu des rayons X en chirurgie, vient s'ajouter leur utilisation rationnelle en thérapeutique. On peut reconnaître : l'enrichissement ou l'appauvrissement d'un tissu en matières minérales (par exemple en phosphate de calcium dans le cas des os); l'absorption, par voie cutanée ou stomacale, de substances innocives, par exemple de sels de bismuth, permet de rendre visibles certaines voies ou régions de l'organisme peu transparentes par elles-mêmes, etc.

En résumé, les lois générales de transparence de la matière aux rayons X présentent, malgré leur complexité apparente, une simplicité que l'on est loin de rencontrer dans le cas des autres radiations, puisqu'elles ne font intervenir, pour une qualité donnée de rayons X, que la masse absolue et la masse atomique.

De là résultent les nombreux et importants services qu'elles peuvent rendre soit à l'étude de ces rayons, soit aux diverses applications pratiques dont ils sont susceptibles.

LOUIS BENOIST,
Professeur au lycée Henri IV.

INDUSTRIE

LES MUSÉES INDUSTRIELS EN ALLEMAGNE : LE MUSÉE DE STUTTGART.

J'ai eu l'occasion, il y a quelques mois, de visiter les musées industriels de l'Allemagne, je vais donner tout d'abord l'impression générale que m'a laissée ce voyage d'études, puis je décrirai un peu plus longuement le musée de Stuttgart, qui est de beaucoup le plus complet et le plus intéressant des établissements de ce genre.

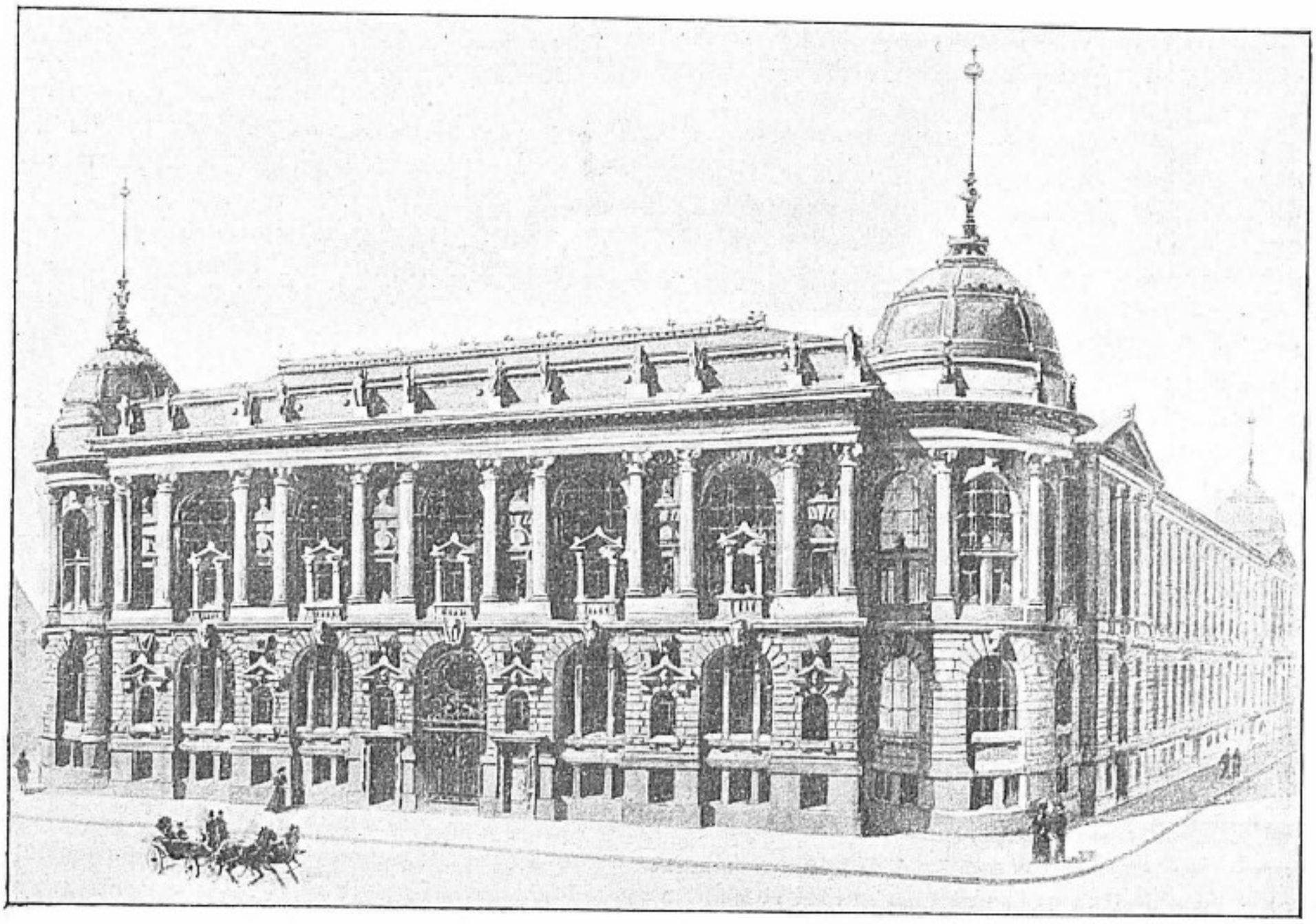


FIG. 1. — PALAIS DU MUSÉE ROYAL INDUSTRIEL DE STUTTGART.

I

Les musées que j'ai visités peuvent être divisés en trois catégories :

Les musées industriels proprement dit, (*Gewerbe Museum*), collections de machines productrices d'énergie électrique ou mécanique, d'appareils utilisés dans les usines pour les transformations de cette énergie (machines-outils) ou pour la protection des ouvriers contre les accidents; en même temps, réunion de matières premières, de produits manufacturés et des termes intermédiaires. Dans beaucoup de ces établissements se trouvent des appareils de démonstration installés de manière à pouvoir fonctionner sous les yeux du public pour l'intéresser et l'instruire.

Les musées d'art industriel (*Kunstgewerbe Museum*) où se trouvent réunis des objets d'art (meubles, porcelaines, verres, tapis, vitraux, etc.), mis à la disposition des artisans pour que ceux-ci puissent s'en inspirer dans leurs créations et à la disposition du public.

Enfin les collections de machines et organes de machines annexées à ces écoles de haut enseignement technique, analogues à notre École

Centrale, que nos voisins d'Outre-Rhin appellent les *Technische Hochschüle* et dans lesquelles ils s'habituent à voir d'après les termes de l'empereur Guillaume II, des Universités de sciences appliquées égales et non pas servantes de leurs sœurs aînées, les Universités. Ces collections, fermées au public, rendent de très grands services au point de vue de l'enseignement de la mécanique, base de l'instruction des futurs ingénieurs. Les objets qui y figurent, sont utilisés dans les cours; les leçons sont ainsi rendues plus faciles pour les maîtres, plus attrayantes et plus démonstratives pour les élèves dont les sens ne peuvent manquer d'être fortement impressionnés par le fonctionnement du mécanisme qui leur est décrit.

En raison de leur rôle spécial, ces musées, en général très bien organisés, ne peuvent pas intéresser le grand public; il n'en sera plus question et je ne m'occuperai dans ce qui va suivre que des musées, ouverts à tout le monde.

Ceux-ci présentent un caractère commun qui mérite d'être signalé parce qu'il est la marque du sens pratique de nos voisins. Dans ces établissements, en effet, à côté des collections qui en forment le fond, et qui sont installées à poste fixe, on expose très fréquemment des appareils ou des produits d'usage courant ou bien encore des objets d'art. Chacun de ces objets porte son prix et le nom du fabricant; le plus souvent même des prospectus sont mis à la portée du public sollicité d'en prendre connaissance. La salle où se tiennent ces expositions, généralement la plus vaste et la plus somptueuse, est presque toujours une salle d'entrée que le visiteur, susceptible de devenir à l'occasion un acheteur, est obligé de traverser pour se rendre au musée; tout est mis en œuvre pour fixer son attention, flatter son goût et stimuler son désir d'acheter.

Le plus large éclectisme préside d'ailleurs à la constitution de ces expositions puisque j'ai eu l'occasion de voir, entre autres, à Francfort-sur-le-Main, des objets d'art, médailles, bronzes, porcelaines, etc., à Cologne des poteries, céramiques, verreries, meubles, etc., à Düsseldorf des appareils et produits pour la photographie, ainsi que des clichés et des épreuves sur papier, sur verre, etc., à Nuremberg des moteurs à gaz et des outils pour le travail du bois, à Stuttgart des objets de toutes natures en fer forgé, depuis la plus rudimentaire pièce de balcon ou d'appui de fenêtre, jusqu'aux objets du travail le plus minutieux et le plus délicat.

Cette utilisation commerciale n'est pas pratiquée, je crois, en France; mais notre pays pourrait, avec avantage, emprunter cette habitude à l'Allemagne; cela serait peut-être de nature à augmenter les ressources de nos musées par la perception d'un droit d'exposition et à favoriser la fréquentation de ces établissements en y attirant le public toujours friand de nouveautés.

En Suisse, où cet usage est pratiqué, il a conduit à d'heureux résultats. A Berne, par exemple, il y a eu ces dernières années de nombreuses expositions de moteurs électriques à faible puissance (1/4 ou 1/2 cheval) pour industries domestiques, qui ont été très appréciées du public.

Contrairement à ce qu'on pourrait penser, il n'existe pas de *Gewerbe Museum* dans les régions les plus industrielles de l'Allemagne, comme par exemple dans le bassin de la Rühr où se trouvent les centres si importants d'Essen, Crefeld, Barmen, Elberfeld, etc., ces musées y sont considérés comme à peu près inutiles, et cela se conçoit très bien si on songe que les musées industriels sont surtout appelés à rendre des services aux moyennes et petites exploitations. Dans les régions où l'industrie est moins centralisée, la question se présente tout autrement; les propriétaires et directeurs d'usines ont besoin d'être secondés dans leurs recherches; ils ont besoin d'un intermédiaire qui les tienne au courant des progrès de la Science et signale à leur attention les nouveautés intéressantes; leurs produits sont utilisés directement par la masse des consommateurs auxquels il est bon, par suite, de les faire connaître : c'est justement en cela que consiste le rôle des musées industriels. Il en existe un certain nombre dans l'Allemagne du Sud; on en trouve à Francfort-sur-le-Main, à Carlsruhe, à Stuttgart, à Nuremberg et en Suisse : ils sont très soigneusement entretenus, très assidûment fréquentés et on ne néglige rien de ce qui peut accroître leur efficacité.

Les *Kunstgewerbe Museum* sont plus régulièrement répartis ; il n'est guère de ville importante qui n'en possède un, même dans la région de la Rühr; tous ces établissements y sont d'ailleurs de construction récente. Il semble que nos voisins, assurés de la puissance de production de leurs industries, mais sentant bien qu'il manque toujours à leurs créations ce cachet et ce fini qui est la marque des produits français, aient créé ces établissements pour développer chez eux le goût des belles choses et

l'instinct artistique qui leur font à peu près totalement défaut.

II

Le *Königlisches würtembergische Landesgewerbe Museum* in Stuttgart dont l'origine remonte à 1830 est dû à l'initiative privée. A cette époque, la Société pour l'encouragement de l'industrie dans le Wurtemberg invita les fabricants et gens d'affaires à lui envoyer des échantillons de ceux de leurs produits qui paraissaient susceptibles de vente à l'étranger; elle voulait créer un *Exportmuster Lager*, c'est-à-dire un entrepôt d'échantillons pour l'exportation. Cet essai ne resta pas absolument sans succès et quelques fabricants répondirent à cet appel; pour en augmenter le nombre, l'un des fondateurs entreprit un voyage en Allemagne pour entrer directement en relations avec les producteurs et les amener à s'intéresser à cette entreprise.

Quelques années plus tard, en 1838, avec l'agrément du roi de Wurtemberg qui s'intéressait à cette nouveauté, un voyage fut entrepris en France pour acheter aux frais de l'État ceux des échantillons français qui pourraient servir d'exemples aux fabricants wurtembergeois, surtout pour les petites industries.

A l'occasion de l'Exposition internationale de Londres en 1851, la collection qui n'était déjà plus seulement un entrepôt d'échantillons, s'enrichit d'un grand nombre de produits divers : ciments, porcelaines, ardoises, acier fondu, fer blanc, métal anglais, fonte émaillée et étamée, etc., et surtout d'un métier à tricoter dû à l'inventeur français Fouquet de Troyes. A la suite de cette acquisition, le roi ayant appelé auprès de lui Fouquet et son collaborateur Terrot, une industrie nouvelle prit naissance dans le pays, celle des tricots, aujourd'hui si florissante grâce à l'impulsion qui lui fut donnée dès le début sous forme de primes d'encouragement que reçurent les premiers fondateurs.

En 1854, une des premières machines à coudre figura dans la collection et en 1860, on organisa, conformément à un usage resté depuis en vigueur et généralisé, une exposition de 24 ma-

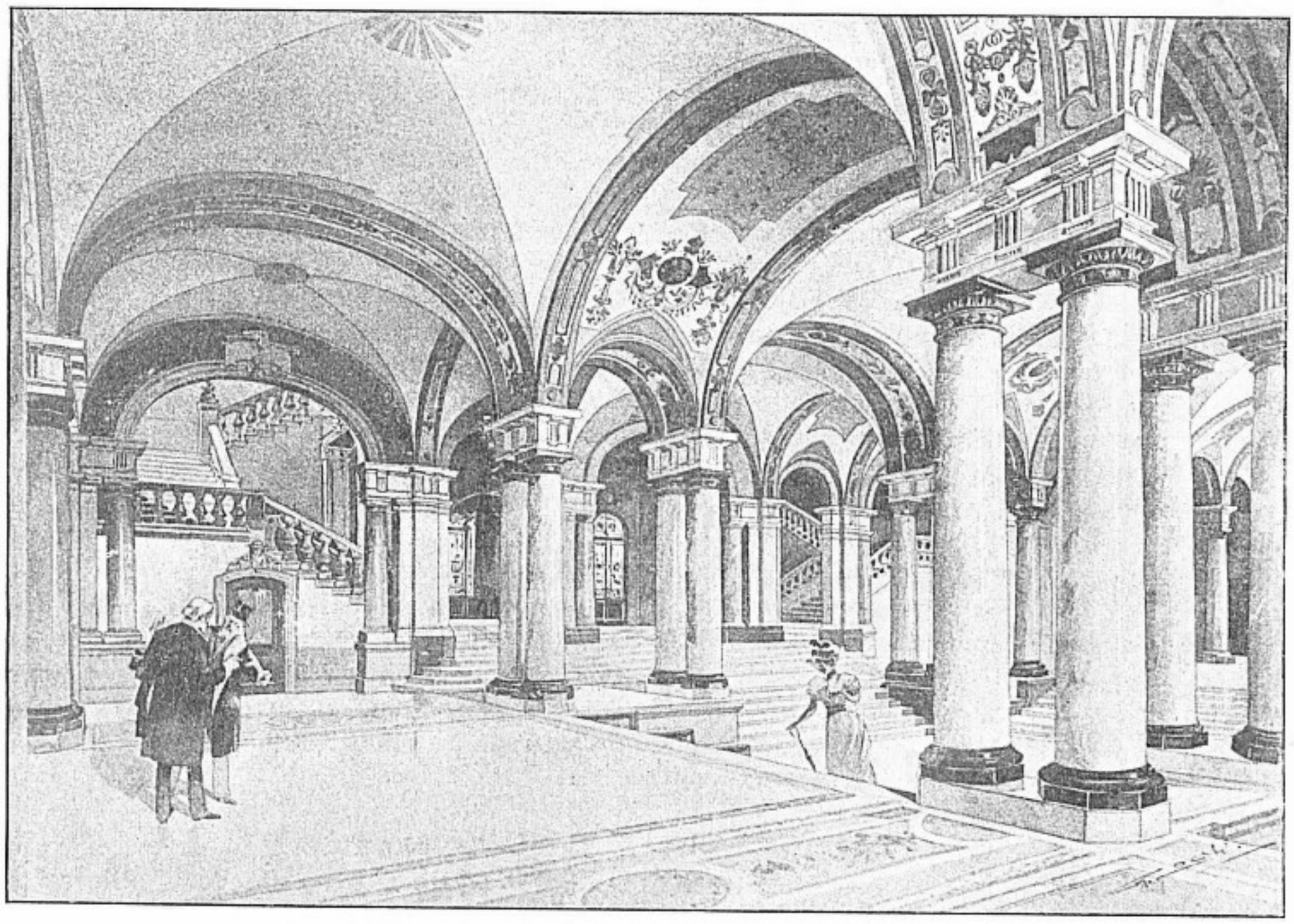


FIG. 2. — PORCHE DU MUSÉE INDUSTRIEL DE STUTTGART.

chines à coudre d'origine étrangère ou indigène qui fonctionnaient sous les yeux du public. Dans cette même année, les premières machines à gaz firent leur apparition au musée sous forme d'un moteur Lenoir de 1 cheval; puis en 1863 une machine à vapeur de 2 chevaux et demi, achetée à Londres (exposition de 1862) : elle servait non seulement d'échantillon mais aussi de producteur d'énergie et mettait en mouvement les outils installés dans une salle spéciale. Dans l'intervalle, on avait également réuni quelques modèles de machines et de pièces détachées construites par la célèbre maison Schröder de Darmstadt; en 1864-1866, arrivèrent des machines américaines pour le travail du bois et en 1868 des machines à tricoter également d'origine américaine.

En 1870, le musée ayant reçu du ministère de la guerre une mitrailleuse française prise par les Wurtembergeois le nombre des visiteurs s'accrut sensiblement et atteignit 42 190 pour le mois de septembre 1870 (la moyenne annuelle est de 50 000 environ). En 1874 apparut le premier moteur à gaz du système Otto (1/4 de cheval), puis en 1875 la première machine magnéto-électrique construite à Paris par Gramme en vue des applications de l'électricité à la galvanoplastie; un mécanicien de Stuttgart qui cherchait depuis longtemps sans succès la solution du même problème fut de suite envoyé à Paris pour étudier la fabrication des machines Gramme et créa dans la suite de nouveaux types dont il exploita la découverte.

En 1877, le public put voir le téléphone, puis le phonographe Edison ainsi que les nouveaux moteurs Otto et les échantillons achetés à l'Exposition de Paris; céramique, faïences, verres et vases de Baccarat, machines-outils pour horlogers, cordonniers, tisserands, etc.

En 1880, l'association pour prévenir les accidents de machines de Mulhouse exposa au musée de Stuttgart les appareils dont elle conseillait l'emploi dans les usines et de ce moment date l'origine de la remarquable collection d'organes destinés à prévenir les accidents que possède le musée.

En mars 1882, cet établissement fut éclairé à l'électricité à raison de 3 soirs par semaine; l'électricité était produite par une machine système Gramme construite à Stuttgart et une machine Siemens et Halske, actionnées par moteurs à gaz.

En 1883, on installa une exposition permanente d'appareils utilisant l'électricité comprenant l'éclairage par lampes à arc ou à incandescence de divers systèmes, le transport de l'énergie et une foule d'applications réalisées au moyen d'une machine dynamo-électrique installée sur une même table avec tous les appareils auxquels elle peut rapidement donner au moyen de fils, l'énergie électrique dont ils ont besoin.

En 1887, exposition de machines à écrire de 12 types différents américains, anglais et allemand.

En 1892, expositions de machines électriques dans le but de montrer les diverses formes d'utilisation de l'électricité et d'apprendre au public et surtout aux industriels les avantages qu'il y aurait pour la ville de Stuttgart à posséder une station centrale électrique; une énergie de 32 chevaux produite par divers moteurs à gaz actionnait les machines électriques; cette exposition eut un grand succès et fut visitée journellement par un millier de personnes environ.

En 1896, le musée auquel s'étaient adjoints une bibliothèque et en 1842 un laboratoire d'essais chimiques et une collection de moulages comprenait plus de 300 000 objets de toutes provenances et de toutes tailles. Le local des débuts, emprunté à une caserne, était devenu trop petit pour abriter les collections et pour permettre aux 40 000 ou 50 000 visiteurs annuels de les examiner à loisir, il fut abandonné.

Le musée actuel dont le prix s'élève à 3 230 000 marcs environ (le devis s'élevait à 3 110 000 marcs environ), construit d'après les plans de Hartel et Neckelmann de Leipzig fut inauguré en juin 1896.

Cet établissement (fig. 1 et 2), placé dans le plus beau quartier de la ville, a la forme d'un quadrilatère irrégulier dont la façade principale, située sur le côté le plus étroit se trouve dans la Kanzleistrasse. L'aspect extérieur est assez agréable; l'architecture est bien un peu lourde, mais on est frappé de la profusion d'ouvertures qui ont pour but de donner de la lumière à l'intérieur, et cette constatation primordiale contribue à donner du musée une première impression favorable. A l'intérieur, on trouve d'abord un premier vestibule extrêmement vaste, de proportions légèrement exagérées et d'un luxe au moins inutile, puis les guichets d'entrée avec des compteurs qui enregistrent automatiquement le nombre des visiteurs, et un second ves-

tibule plus petit que le précédent mais plus somptueux encore. Quelques marches et on arrive dans la salle du roi Charles (fig. 3), magnifique hall qui s'élève jusqu'au faîte et qui reçoit abondamment la lumière par un vitrail terminal. Du fond de cette salle se détachent des escaliers desservant les étages et qui laissent entre eux une ouverture donnant accès aux salles de collections situées derrière le mur de fond; celui-ci est décoré d'une grande fresque symbolique : la *protection accordée par les rois aux arts et méliers*. Lors de mon passage cette salle renfermait la très belle collection d'objets en fer forgé, dont j'ai parlé; à côté des fabricants allemands j'y ai relevé avec plaisir le nom d'une maison française.

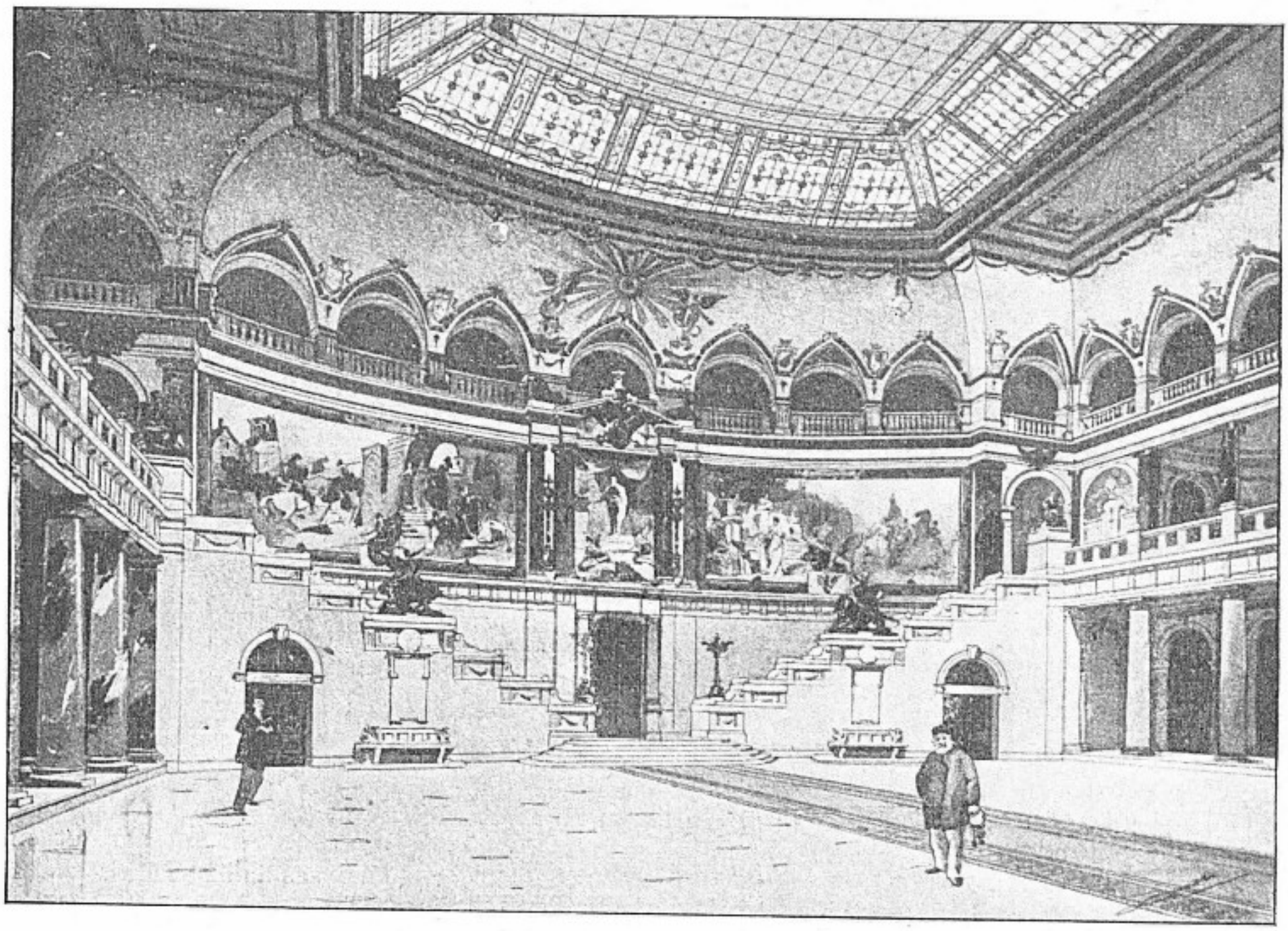


FIG. 3. — SALLE DU ROI CHARLES (MUSÉE DE STUTTGART).

Les salles de collection qui constituent le musée industriel occupent le rez-de-chaussée (fig. 4) et sont placées en façades sur les trois autres côtés du quadrilatère, par conséquent très bien éclairées; on y trouve des objets se rapportant à toutes sortes d'industries; parmi les ensembles les plus remarquables je citerai :

La collection des modèles en petites dimensions d'instruments aratoires, charrues, herses, semoirs, charrues à multiples socs pour labourage électrique, barattes, hacheuses, machines à battre, harnais, etc., et à côté toute une réunion de produits du sol : fruits, céréales, etc.

La collection des instruments de musique et des pièces destinées à la confection de ces instruments, entre autres une variété infinie de modèles, de marteaux et de touches pour pianos.

La collection de matériaux pour verreries et de verres depuis le grossier échantillon qui sert à la fabrication des bouteilles communes jusqu'aux glaces les plus parfaites et aux vitraux les plus agréablement nuancés.

Mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est la salle d'électrotechnique, la salle des machines et des machines-outils ainsi que la pièce située en contre-bas où figurent et travaillent les moteurs à vapeur, à gaz, à pétrole, à benzine et les moteurs électriques de tous systèmes qui doivent fournir l'énergie dans les salles supé-

rieures. On a voulu, et le but est atteint, montrer au public les diverses façons dont on peut transporter l'énergie mécanique en mettant en opposition l'ancien procédé, si souvent utilisé encore aujourd'hui, qui emploie des arbres de transmission, des poulies, des courroies, des engrenages, organes bruyants, dangereux et exigeants et le procédé actuel — ou plutôt le procédé de demain —, basé sur l'emploi de l'électricité : il n'y a plus ici que des câbles légers et souples, qui pénètrent dans le bâti des machines outils et vont aboutir à un servo-moteur silencieux sans danger et robuste qu'une manette extérieure met à volonté en marche ou à l'arrêt par un geste à peine visible du surveillant.

Ces avantages ont été mis à profit d'une façon très originale; tous les appareils ne pouvant pas être placés simultanément en face des fenêtres, si nombreuses qu'elles soient, on les a montés sur des petites roues grâce auxquelles ils peuvent se déplacer sur des rails dont le sol est sillonné et être amenés près d'une fenêtre où se trouvent des bornes pour la prise de courant électrique; en quelques instants l'appareil est en place et fonctionne à la demande des visiteurs.

La nomenclature de ces appareils serait beaucoup trop longue et fastidieuse puisque leur nombre s'élève à plus de 5 000; il me suffira de dire qu'ils ont été choisis de manière à intéresser le public et à lui donner des notions sur toutes sortes d'industries.

A citer encore une très belle collection de dispositifs destinés à protéger les ouvriers contre les accidents du travail. On verra plus loin, page 226, l'intérêt qui s'attache à la parfaite connaissance de ces moyens de protection.

Au premier étage se trouvent la bibliothèque contenant plus de 100 000 livres et documents, un musée japonais et un musée chinois, puis une collection de textiles de toutes sortes, une autre de céramique et de verre, une troisième de métaux et de leurs applications et une quatrième réservée aux utilisations artistiques ou industrielles de l'os, du cuir, du papier et du bois.

Au deuxième étage se trouve une galerie desservant la bibliothèque de l'étage inférieur, et des locaux réservés à l'administration. L'immeuble est desservi par deux ascenceurs : l'un hydraulique pour leservice des personnes, l'autre électrique pour le transport des matériaux.

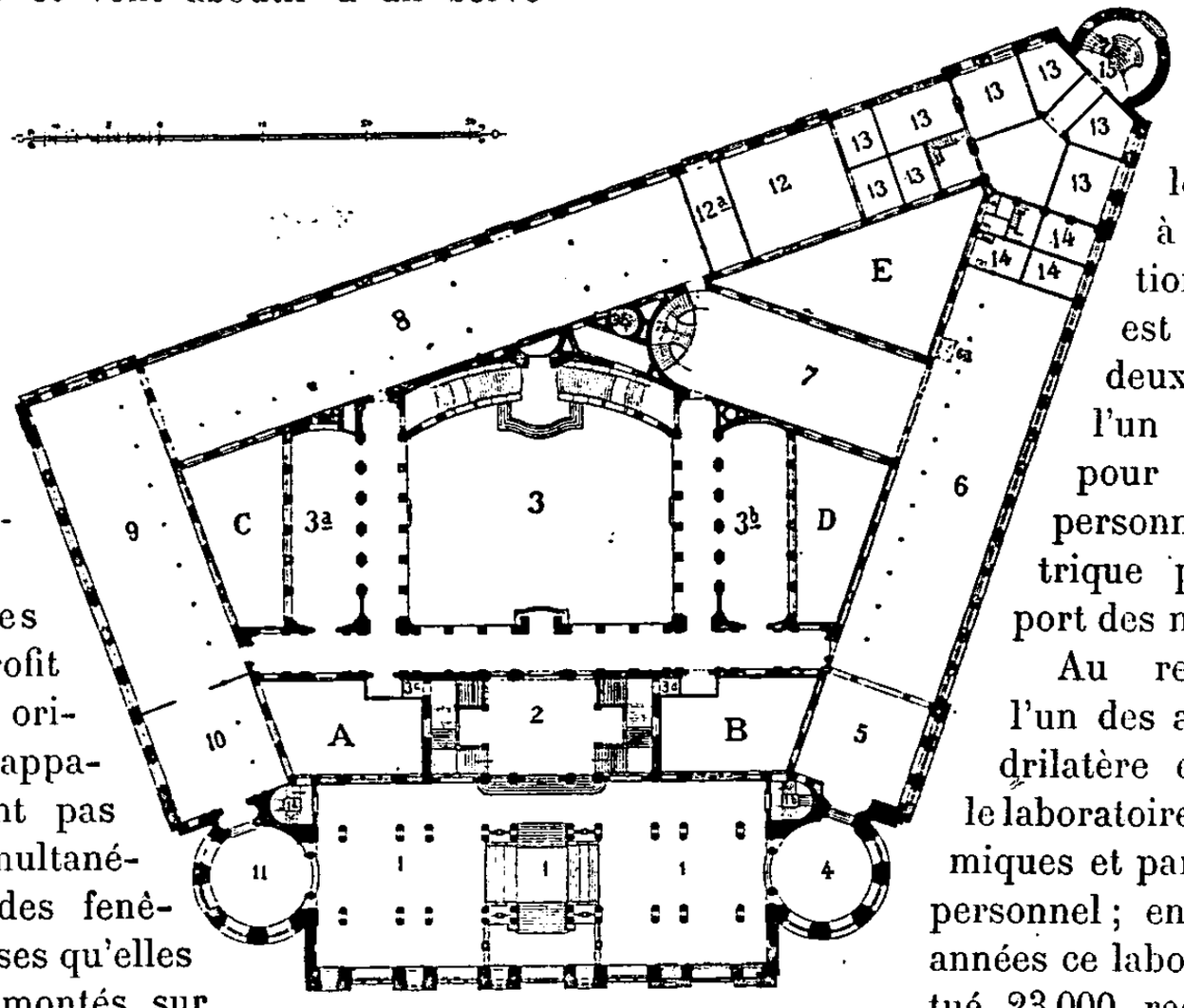


FIG. 4. — PLAN DU REZ-DE-CHAUSSÉE DU MUSÉE DE STUTTGART.

1, Porche. — 2, Escalier principal. — 3, Salle du roi Charles. — 4 et 5, Modèles et instruments. — 6, Machines. — 7, Electrotechnique. — 8, Collections technologiques (art de l'Ingénieur). — 9, Agronomie. — 10 et 11, Arts industriels. — 12, Amphithéâtre de chimie. — 13, Laboratoires de chimie. — Le reste du rez-de-chaussée est occupé par des cours, des galeries, des escaliers, un ascenseur et des monte-charges.

Au rez-de-chaussée, l'un des angles du quadrilatère est occupé par le laboratoire d'analyses chimiques et par les locaux du personnel; en quarante-cinq années ce laboratoire a effectué 23 000 recherches différentes consistant surtout en analyses industrielles.

Comme on le voit, ce musée de Stuttgart constitue un ensemble tout à fait remarquable et un organe qui a rendu depuis sa création et rend encore journellement de grands services. Il est impossible de ne pas être frappé de la continuité des efforts qui ont été faits pour le tenir au courant de toutes les nouveautés et pour y attirer le public; il donne un remarquable exemple de cet esprit de suite, de cet effort systématique, patient et réfléchi que nos voisins d'Outre-Rhin apportent dans leurs créations et qui leur ont valu déjà tant de succès.

P. LEMOULT,
Chargé d'un cours de chimie
à la Faculté des Sciences de Lille.

AÉROSTATION

LES LONGS-COURRIERS AÉRIENS.

Les expériences aérostatiques exécutées de Gabès en janvier dernier n'avaient pas, comme on l'a cru généralement, un but sportif : celui de faire traverser le Sahara aux ballons lancés de cette oasis.

Le plus important d'entre eux ne cubait que 87 m. c.; or je crois avoir montré dans mes précédentes études, que le plus petit des ballons capables théoriquement de franchir les 2 300 km. qui séparent Gabès de Tombouctou est le ballon de 700 m. c. De cette même théorie il découlait que le *Léo Dex* pouvait couvrir tout au plus le tiers de cette distance. Il a presque exécuté le raid correspondant, puisqu'il en était à sa septième centaine de km. quand il fut arrêté par les Oulad-Naïl aux confins de la province d'Alger ; il eût incontestablement couvert les 750 km. qu'on était en droit d'attendre de lui si des mains humaines n'avaient pas prématurément brisé son essor.

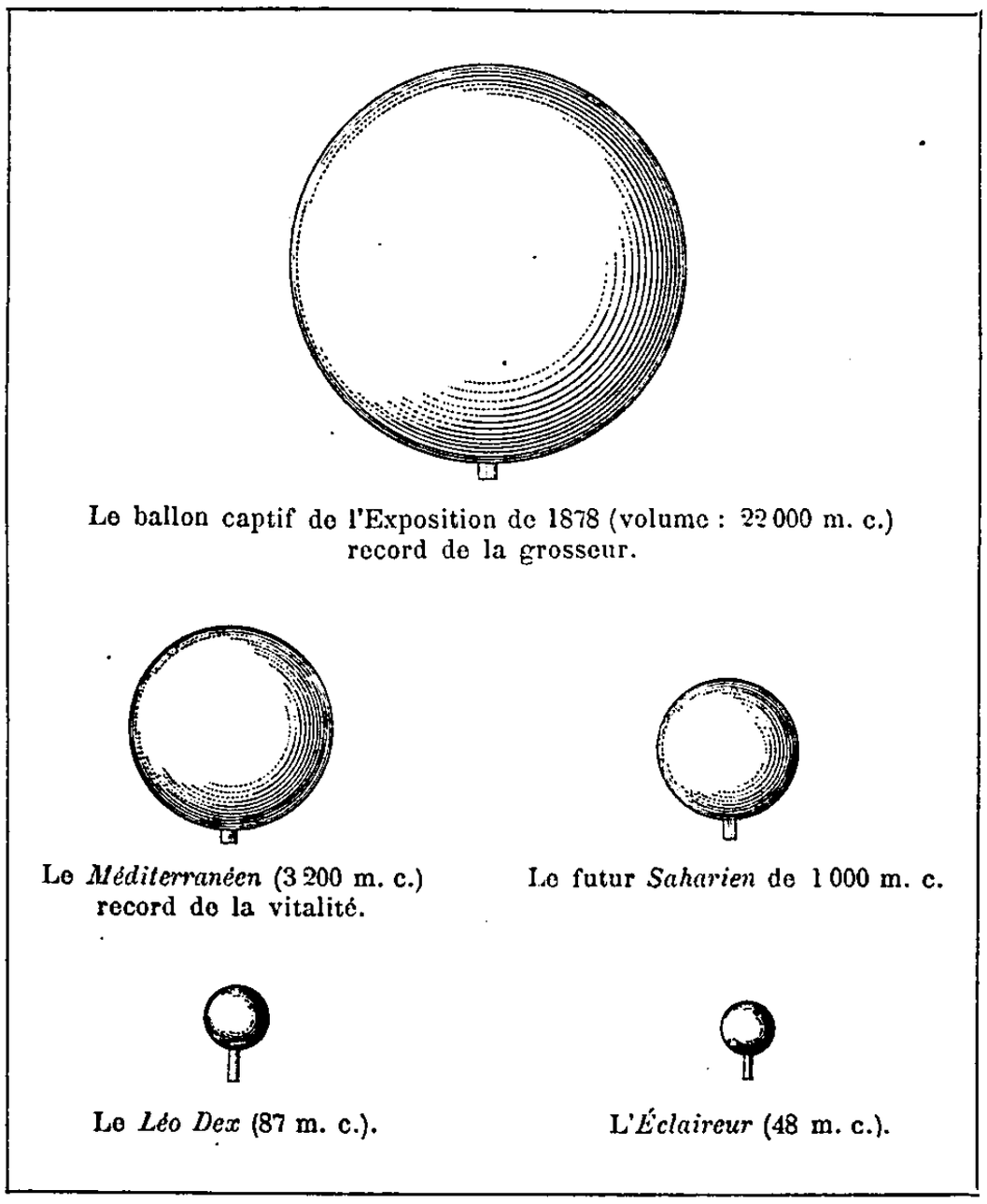


FIG. 1. — ASPECT DANS L'ESPACE DE DIVERS BALLONS VUS DE LA MÊME DISTANCE.

Les expériences de Gabès constituaient la première étape d'un programme général dont le but est double et purement scientifique :

Conférer au navire aérien les mêmes propriétés long-courrières que possède le navire maritime actuel;

Rechercher un point de nos possessions nord-africaines, d'où il soit possible de gagner en ballon la région du Sahara au dessus de laquelle soufflent régulièrement en hiver les alizés, vents du nord-est.

Par raison d'économie les premiers essais d'aérostats long-courriers, et les premières recherches de courants aériens capables de porter l'un d'eux jusqu'à la région des alizés, furent exécutés avec des ballons de volumes restreints. Afin de n'exposer prématurément et inutilement aucune vie humaine, les expériences furent faites avec des aérostats non montés et continueront à être faites ainsi jusqu'au jour où des résultats suffisamment probants permettront à des aéronautes de tenter sans trop de témérité la traversée aérienne du Sahara.

Jusqu'en 1903, les longs parcours en ballon et les durées de navigation en l'air n'avaient pu dépasser respectivement 1900 km. et 41 heures. Ces chiffres véritablement exceptionnels avaient été atteints grâce à l'emploi de gros ballons montés par des aéronautes habiles.

Pour arriver à la réalisation de l'aérostat long-courrier, normalement long-courrier, c'est-à-dire capable de demeurer plusieurs jours en l'air, il importait de s'adresser à une méthode de navigation aérienne nouvelle et de créer un type d'aérostat susceptible de l'emploi de cette méthode de navigation nouvelle, par conséquent différent des aérostats jusqu'alors employés.

Ce qui entraîne le peu de vitalité des ballons

est la dépense excessive de lest qu'ils sont obligés de faire à tout moment pour lutter contre les ruptures d'équilibre dues à des causes extérieures. Constamment des variations de la température ou de degré d'humidité de l'air ambiant, des coups de soleil font varier momentanément la force ascensionnelle du navire aérien; il en résulte des dépenses continuelles d'un lest qu'on ne peut récupérer quand la cause momentanée d'alourdissement a cessé de produire son effet. Bientôt à bout de lest, le ballon vient irrémédiablement à terre et son voyage est fini, d'autant plus tôt qu'il possédait moins de ce précieux lest, c'est-à-dire qu'il était moins gros.

Pour récupérer le lest forcément dépensé et le récupérer automatiquement à coup sûr, il existe un moyen : on attache le lest au dessous du ballon et on le traîne derrière soi sur le sol quand on n'a pas momentanément la force de le soulever. Pratiquement ceci correspond à la mise à la remorque au dessous de l'aérostat d'un câble de grande longueur dit *guide-rope*.

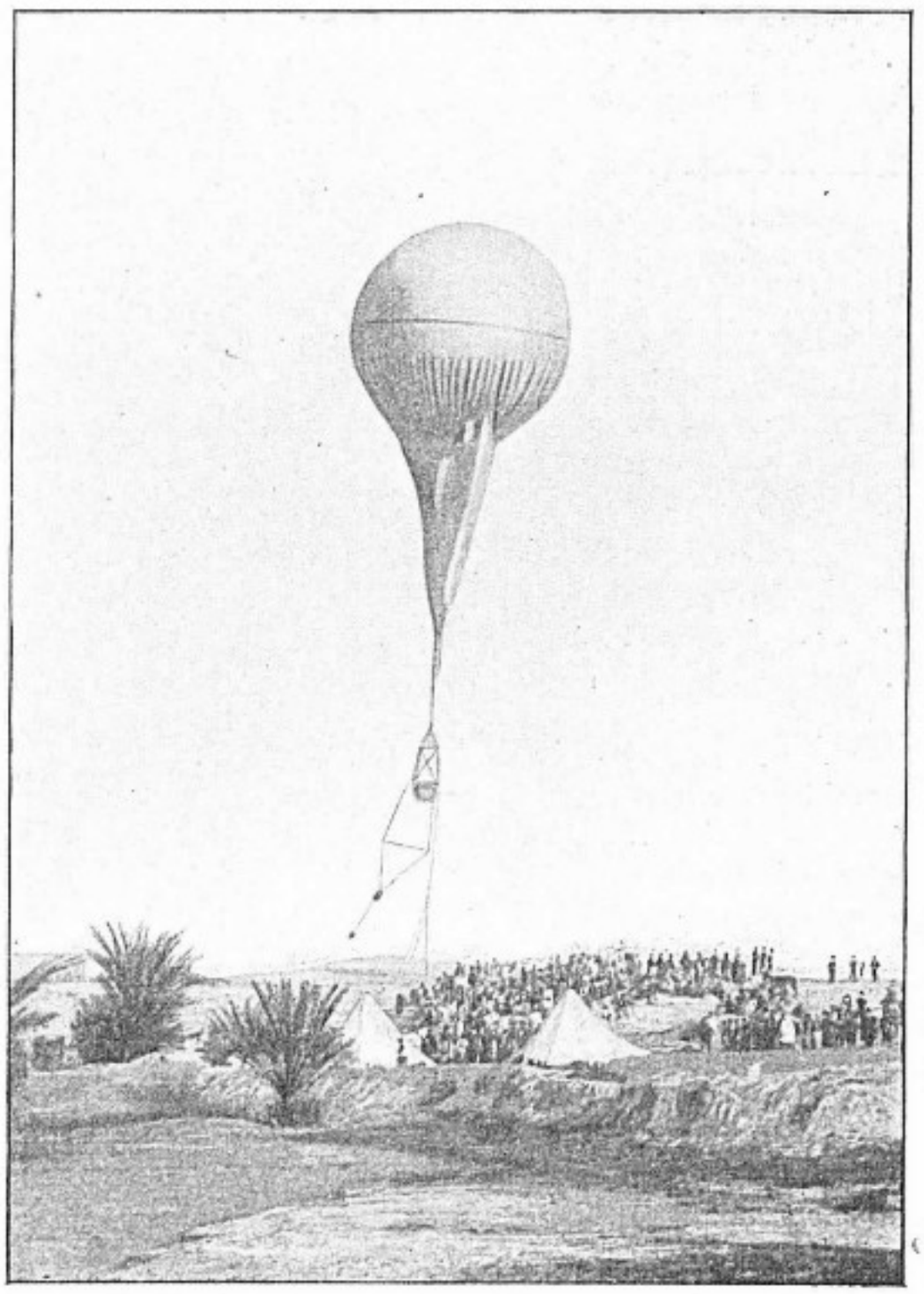


FIG. 2. — LANCEMENT DE L'AÉROSTAT « LEO DEX »
AU CAMP D'AÏN-ZÉRIG, PRÈS GABÈS (16 JANVIER 1903).

Mais ce guide-rope s'accroche dans les obstacles du sol, et pour être véritablement efficace il doit posséder un poids notable. Étant fort pesant, il empêche presque totalement l'aérostat d'avancer à cause de la résistance opposée par son frottement à terre, de plus il occasionne le basculement du ballon jusqu'au sol dès que souffle la moindre rafale.

Pour arriver à l'aérostat long-courrier en employant comme équilibreur automatique le guide-rope lourd, il fallait éliminer ces divers inconvénients de son emploi. Les aérostats sahariens tentaient de résoudre le problème : en mettant à la traîne des guides-rope rigides parfaitement lisses, en aidant de voiles inclinées leur entraînement par la brise et en utilisant l'inclinaison de ces voiles pour se faire soulever par les rafales, autrement dit pour se transformer en *ballons cerfs-volants*.

Les expériences de Gabès avaient pour premier objectif de constater si ces systèmes nouveaux étaient efficaces, et les organisateurs de ces expériences comptaient sur leur efficacité d'une façon telle qu'ils s'étaient montrés des plus hardis dans l'établissement de leur matériel aérostatique. Alors que, en particulier, les très petits ballons employés, tous deux d'un volume inférieur à 100 m. c., étaient réputés ne pouvoir parvenir à démarrer des guides-rope d'un poids supérieur à six kilos, ils n'avaient pas hésité à les munir, l'un d'un guide-rope pesant 34 kg., l'autre d'un guide-rope en pesant 48.

Les résultats répondirent à leur attente : le plus petit des deux ballons, l'*Éclaireur*, d'un volume de 48 m. c., demeura dix-neuf heures en l'air; le second aérostat, le *Léo Dex*, de 87 m. c., navigua durant vingt-six heures consécutives en couvrant 600 km. L'un et l'autre eurent leur essor brisé, non par manque de vitalité mais par la main des indigènes. A aucun moment les guides-rope en fil d'acier employés ne s'accrochèrent. A aucun moment les aérostats ne furent couchés à terre par les rafales; au contraire, quand soufflait l'une d'elles, ils soulevaient plus aisément leur câble à la traîne grâce à l'action

de cerf-volant que produisaient leurs voiles inclinées.

L'un et l'autre prouvèrent surabondamment que l'aérostat long-courrier était réalisé; car avec leurs minimes forces ascensionnelles, inférieures à 100 kg., ils étaient parvenus à naviguer pendant un temps dont étaient seuls capables des ballons possédant plusieurs milliers de kg. de force, et l'un d'eux, le *Léo Dex*, avait accompli un raid exceptionnel, même pour ces derniers aérostats.

Le second des objectifs vers lequel tendaient les expériences de Gabès était de déterminer si le sud tunisien possédait en hiver des vents temporaires du nord assez stables pour porter à coup sûr un ballon jusqu'à hauteur de Ghadamès, latitude où commence à se faire sentir normalement l'action des alizés du nord-est. L'*Éclaireur* ayant pris la route de l'ouest, et le *Léo Dex*, après avoir franchement piqué dans le sud, ayant pris celle du centre algérien, la conclusion fut : non, Gabès n'est point un lieu de lancement favorable pour une tentative de traversée du Sahara en ballon. En résumé les expériences de Gabès ont prouvé que :

1° Un aérostat peut être doué, par la simple utilisation d'une voilure convenable, des précieuses propriétés du cerf-volant;

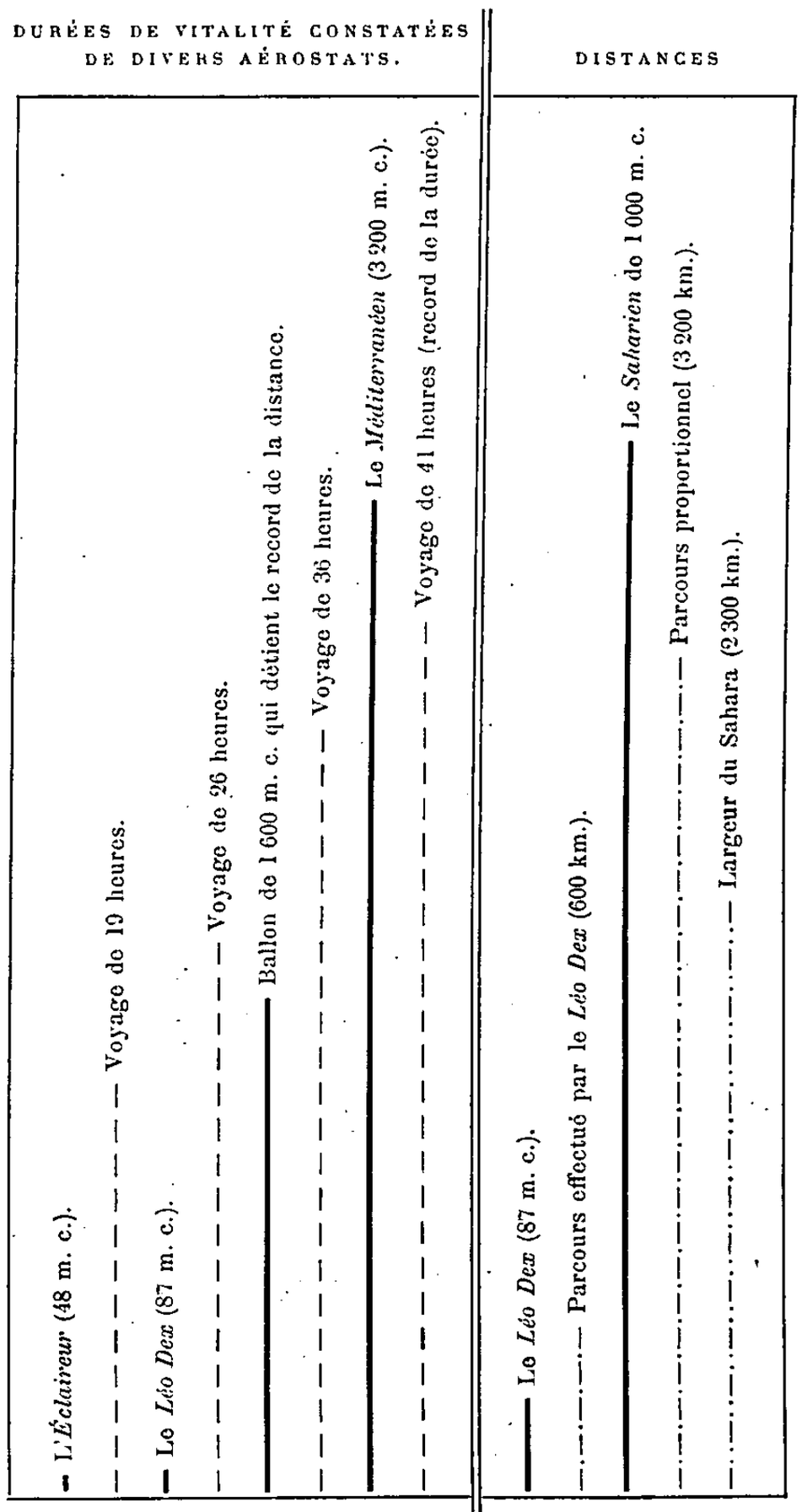
2° Un guide-rope judicieusement choisi ne s'accroche pas dans les obstacles du sol;

3° Un ballon, même trop petit pour pouvoir fournir normalement un parcours notable, est susceptible, moyennant un dispositif spécial, d'être transformé en long-courrier;

4° Une tentative de traversée du Sahara en ballon peut être effectuée sans absurdité, mais sa réussite est des plus douteuses si on part de Gabès.

Le ministre de la guerre a donné aux organisateurs de cette première expérience un ballon de mille mètres cubes, ce ballon est aménagé aujourd'hui en long-courrier du type des aérostats sahariens de Gabès. Son volume, douze fois plus considérable que celui du *Léo Dex*, lui assure une vitalité au moins cinq fois supérieure, il est donc apte à couvrir aisément les 2 300 km. qui séparent le sud algérien du Sénégal. De légers perfectionnements inspirés par les précédentes expériences ont été apportés à sa constitution; en particulier, son guide-rope sera pourvu de dispositifs rendant difficile aux indigènes de s'en saisir et impossible pour eux, s'ils s'en saisissent, d'arrêter l'aérostat. Enfin les renseignements fournis indiquent la région de *Touggourt* comme lieu de départ favorable. Le prix élevé de l'achat et du transport, de Paris à Touggourt, des moyens de gonflement du *Saharien* de 1 000 m. c., retarde seul la traversée en ballon du grand désert.

E. DEBURAUX.



Les lignes pleines sont de longueurs proportionnelles aux volumes des ballons.
Les lignes discontinues sont de longueurs proportionnelles aux temps pendant lesquels ils ont navigué.

Les lignes discontinues sont proportionnelles aux distances.
Les lignes pleines sont proportionnelles aux volumes des ballons longs-courriers correspondants.

HYGIÈNE

SUR LES ACCIDENTS ET LES MOYENS D'ASSURER LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL DANS LES FABRIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES.

Par un décret en date du *10 mars 1894*, il a été prescrit aux établissements industriels un certain nombre d'ordonnances ayant pour but d'éviter les accidents de personnes dans ces établissements.

Les articles de ce décret ont pour but de réglementer les *largeurs* nécessaires des *passages* entre les appareils dangereux, l'*existence* et la *hauteur* des rampes et garde-corps des escaliers ou des échafaudages, les *poids* maximums à faire supporter aux monte-charges, l'existence d'*appareils protecteurs* placés près des pièces de machines animées d'une grande vitesse, les *signaux* avertissant des arrêts ou mises en marche des machines, l'*ouverture* assez large et toujours libre des portes des ateliers (ces portes devant s'ouvrir de dedans en dehors), des *locaux spéciaux pour garder* les produits inflammables.

Les *conducteurs électriques*, s'ils sont nus, devront être hors de portée de la main et on établira des coupe-circuits convenables pour éviter l'échauffement des conducteurs.

Les *vêtements* des ouvriers et ouvrières placés près des machines ne devront pas être flottants.

Je ne parle pas du *décret du 30 avril 1880* qui est relatif aux appareils à vapeur parce que les fabricants de chaudières feront toujours connaître aux chimistes qui les leur achèteraient, la législation spéciale relative à l'établissement de ces instruments.

Examinons successivement les précautions à prendre pour assurer la sécurité au voisinage de chaque appareil pouvant se trouver dans une usine de produits chimiques.

Isolement des moteurs. — Le local qui les renferme ne doit être accessible qu'au mécanicien et au chauffeur, ou bien l'espace réservé au moteur, au mécanicien et au chauffeur doit être entouré de barrières. Cela est relatif aux moteurs à vapeur ou à gaz. Pour les *moteurs hydrauliques*, il faut installer des *garde-corps* le long des canaux d'amenée et de fuite, et des deux côtés des passerelles. Les turbines doivent être enfermées.

Les machines électriques doivent être placées sur un plancher isolé électriquement et tel qu'on ne puisse atteindre la machine qu'en montant sur le plancher.

Si la machine est petite, le mieux est de la mettre dans une boîte isolante qui la préserve aussi des poussières métalliques. Il faut éviter toute lumière, même celle d'une cigarette, près des accumulateurs d'où l'hydrogène se dégage.

Passages entre les machines. — Lorsque la largeur réglementaire de 0 m. 80 ne peut être obtenue par suite d'une vieille installation, on doit mettre des parois pleines le long des machines pour faire une sorte de couloir. Ces parois sont mobiles pour les périodes de nettoyage.

Escaliers. Ils doivent être munis de fortes rampes qui pourront être mobiles si cela est nécessaire pour le passage de ballots volumineux.

Excavations. On doit pourvoir toutes les *cuves, trappes, puits,* etc., de garde-corps de 0 m. 90 ou bien les couvrir de couvercles autant que possible rectangulaires, ou bien installer une barrière ayant une partie fixe pour protéger l'ouvrier et des parties latérales mobiles pour le passage des récipients contenant les substances à verser dans la cuve.

Pour les *trappes* une bonne méthode de protection consiste à les entourer de 3 côtés par des panneaux assez élevés et, du côté où se trouvent les ballots que les hommes poussent dans la trappe, de relever le plancher en plan incliné.

Échafaudage. — S'ils sont fixes, des garde-corps suffisent; s'ils sont mobiles, le long d'un mur, il ne peut être établi de garde-corps, et le danger à éviter est que l'échafaudage s'écarte du mur. On doit l'attacher en conséquence.

Monte-charges. — Les accidents proviennent des chutes de personnes dans le couloir du monte-charge, des chutes d'objets tombant dans le couloir du monte-charge, des pointes fixées à tort sur la paroi de ce couloir, pouvant blesser des personnes placées sur le monte-charge et trop éloignées du centre du couloir, enfin de la mise en marche accidentelle de l'appareil ou

de la rupture des cordes et chaînes qui le supportaient.

Pour éviter ces accidents on peut :

1° Fermer le couloir sur toute sa hauteur sauf aux étages où l'on doit réserver des portes; 2° établir des portes automatiques qui s'ouvrent et se ferment seulement aux moments nécessaires (il est bon de demander avis à un ingénieur conseil à l'Association des industriels de France contre les accidents de travail, 3, rue de Lutèce, à Paris).

Le dispositif employé est le suivant :

1° Pour l'étage supérieur (fig. 1) on peut s'arranger pour que le monte-charge soulève une plaque de tôle percée de trous par lesquels passent les chaînes. Lorsque le monte-charge descend, la tôle reste à l'étage supérieur si elle est guidée par les montants et que ceux-ci portent des arrêts qui l'empêchent de descendre.

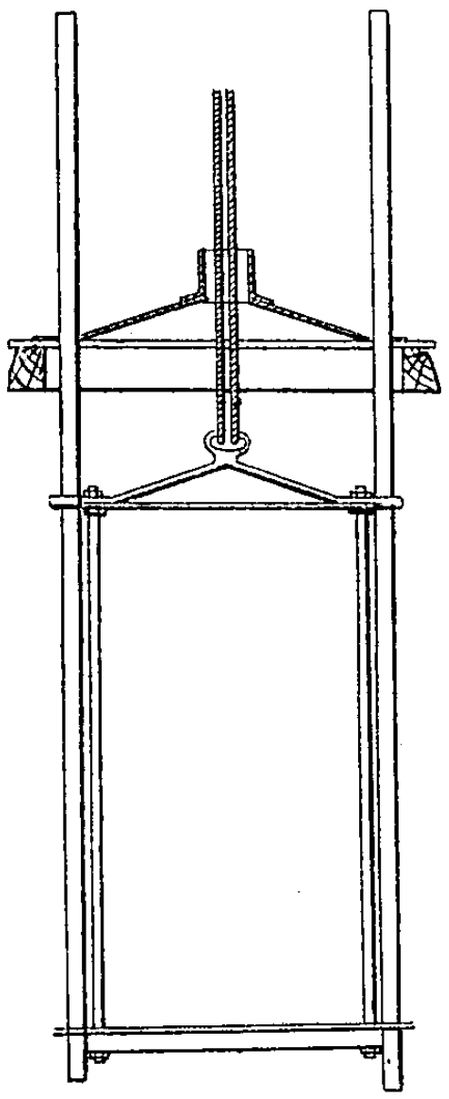


FIG. 1.

2° Pour les étages intermédiaires on dispose des *leviers* à ressort sur le monte-charge qui accrochent les portes latérales et les ouvrent en passant, en les laissant retomber après son passage.

Protection des pièces saillantes et dangereuses des machines. Bielles et manivelles. — Ces instruments ont pour but de transformer le mouvement de va-et-vient du piston en un mouvement de rotation. Il faut les entourer d'un garde-corps d'au moins 0 m. 85.

Les *arbres de transmission* [1], doivent être entourés, ainsi que les pièces qui tournent avec eux, de fourreaux rendant leur surface lisse.

Ces fourreaux seront différents si l'arbre est en sous-sol, à la surface du sol ou le long du plafond.

Les figures 2 et 3 montrent comment ils peuvent être disposés dans le premier cas.

1. Le *diamètre d* d'un arbre de transmission est lié à la puissance à transporter N exprimée en chevaux-vapeur, et au nombre *n* de tours à la minute, par la formule

$$d = 120 \sqrt[4]{\frac{N}{n}}.$$

Les figures 4 et 5 montrent comment on peut encoffrer un arbre placé à moins de 0 m. 40

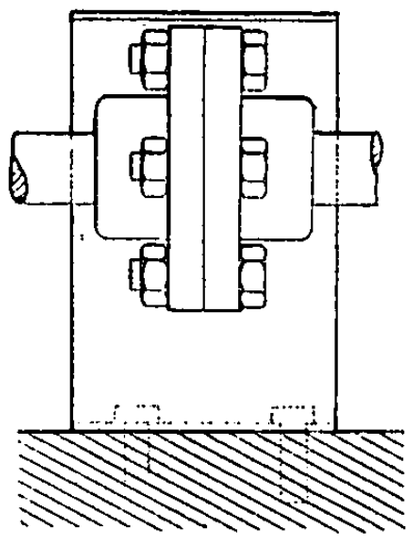


FIG. 2.

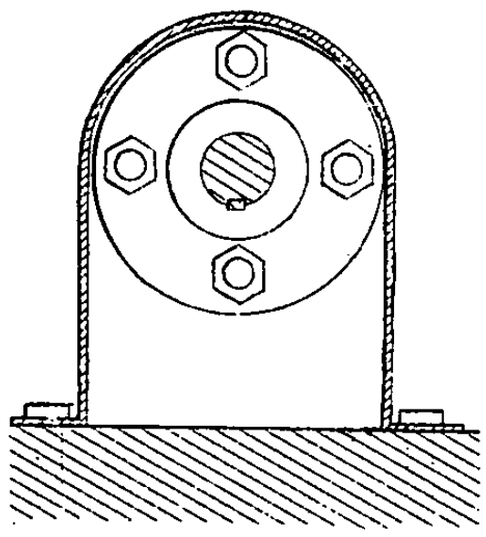


FIG. 3.

du sol, et les figures 6 et 7 comment on l'entoure lorsqu'il est vertical.

Pour les *poulies*, on évite les accidents par de simples grillages ou planchettes empêchant la main ou le pied d'être entraîné par la poulie et meurtrie entre la poulie et le plafond ou le

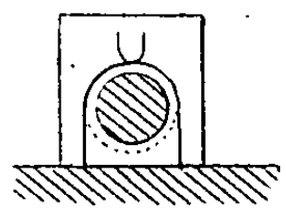


FIG. 4.

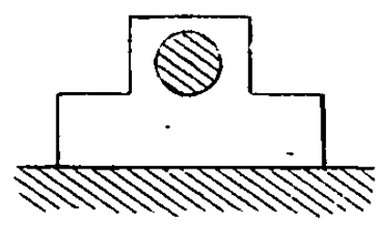


FIG. 5.

plancher sur lesquels l'axe de la poulie peut être fixé.

Pour les *courroies*, en plus des garde-fous ou des coffres destinés à éviter leur contact avec une personne s'en approchant de trop près, il faut encore éviter les saillies au voisinage du

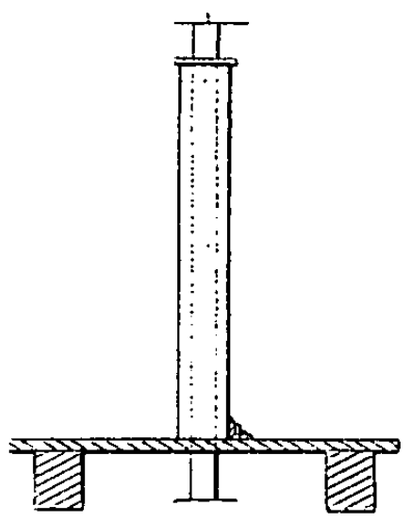


FIG. 6.

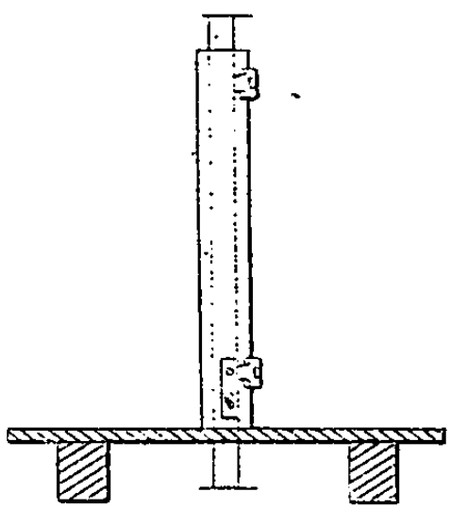


FIG. 7.

point de jonction des courroies. On y arrive assez bien en joignant leurs extrémités par des rivets (fig. 8).

Les *engrenages* produisant le plus d'accidents graves, on les entoure d'une lame de tôle (fig. 9) qui en suit le contour, ou bien on les précède

de portes grillagées : c'est le dispositif Gspann ; de même pour les *couples de cylindres* dont les angles mordants doivent être protégés par des règles ou planches permettant d'introduire la matière à travailler sans y engager les mains (fig. 10). Chaque industrie varie d'ailleurs ces dispositifs.

FIG. 8.

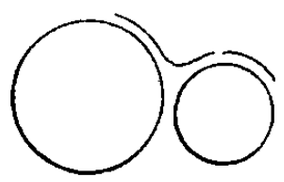


FIG. 9.

Les *cônes de frictions*, les *scies* seront munis d'appareils analogues. Pour ces dernières, les procédés sont nombreux ; ce sont les systèmes Oberlin, Fleuret, Leblond, Lebrun, Pleck, Dufour, etc.

Il y a des instructions à observer pour le maniement des courroies, pour l'arrêt et la mise en marche des machines, pour le nettoyage et

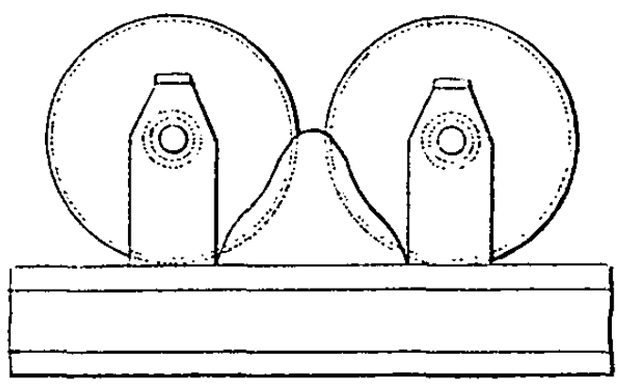


FIG. 10.

le graissage en marche, sur lesquels je ne puis m'étendre. Au contraire, je dois parler des *précautions à prendre contre le danger d'incendie* qui intéresse tous les chimistes.

Mesures préventives contre l'incendie. — En plus de ce que nous avons dit déjà sur le sens d'ouverture des portes, nous ajouterons qu'il est bon, comme le prescrit le règlement de la province de Québec, que la hauteur des portes d'évacuation soit de 2 m. 10 au moins et leur largeur de 1 m. 20. Il est bon de savoir que 100 personnes peuvent sortir en trois minutes par une porte de 0 m. 60 et de régler en conséquence les conditions de sortie rapide du personnel.

On a essayé de donner une formule reliant les diverses quantités intéressant l'évacuation d'un atelier qui doit être quitté pour cause d'incendie [1].

Si les issues ordinaires de chaque extrémité sont insuffisantes, on établira des gradins permettant de passer par les fenêtres et extérieurement des échelles ou escaliers incombustibles, en fer par exemple.

On a prescrit dans beaucoup de corporations allemandes (plus de 1/3), l'usage d'extincteurs dans les usines. La loi française les jugeant surtout bons à conserver les marchandises ne les a pas rendus obligatoires.

Pour les appareils d'éclairage, lampes à arc, becs de gaz ou appareils à huile végétale, la lumière doit être protégée par des globes en verre et ceux-ci doivent être entourés d'un grillage. L'emploi d'huiles d'essences minérales est interdit.

Pour éviter la *propagation* de l'incendie on a pensé à ignifuger les parties combustibles ou à les supprimer.

Pour les ignifuger, le plus simple est de les enduire de solutions de borates, phosphates ou tungstates alcalins qui, après que l'eau s'est évaporée, fondent sous l'action de la chaleur et forment un enduit incombustible protégeant la charpente qui se calcine sans brûler.

Afin de supprimer les parties combustibles on a remplacé le bois par le fer dans les constructions. Cela donne de bons résultats dans les ciments armés et dans les autres cas lorsque l'on a prévu la nécessité de laisser la dilatation des pièces de fer se produire, autrement c'est l'effondrement général provoqué par la dislocation des parties.

Étudions maintenant *les précautions à prendre contre les brûlures.*

1° Fabriques de produits chimiques. — Les principaux accidents sont dus à l'action des acides et des alcalis sur la peau. Les acides à redouter sont surtout les acides azotique, chlorhydrique, sulfurique et fluorhydrique ; les alcalis sont la potasse, la soude, l'ammoniaque et la chaux.

Il faut donc éviter la chute des ouvriers dans les bacs et cuves ; nous avons vu comment. Il faut protéger les travailleurs contre les jets des liquides corrosifs d'une part en leur faisant porter des lunettes et des vêtements de laine peu altérables par ces liquides, et en entourant les récipients d'une double enveloppe en bois

1. Soit t le temps exprimé en secondes séparant le moment où l'alarme est donnée du moment où le trajet à effectuer pour échapper au danger n'est plus praticable ;

Soit v la vitesse parcourue par l'ouvrier qui se sauve, et d la plus grande distance qu'il a à franchir pour gagner une issue ;

Soit l la somme des largeurs des diverses issues ;

Soit n le nombre des ouvriers qui s'échappent.

On a :

$$l = \frac{n \times 180 \times 0.60}{\left(t - \frac{d}{v}\right) 100}$$

t est fourni par l'expérience, v est environ 2 m. Si la salle est rectangulaire, on peut prendre d égal à la longueur de la diagonale.

ou en mica, ou en métal; enfin, empêcher tout contact avec eux, pendant le transvasement, ce que l'on réalise par l'usage des siphons, des soufflets à pédale et des trompes à vide.

2° Fonderies et forges. — Les accidents sont dus aux projections des métaux en fusion ou des parcelles de métal chaud projetées par le travail mécanique. Les précautions sont, pour les ouvriers voisins des appareils de coulée, de porter des bottes ou des guêtres, des masques en fil de fer, ou bien quelquefois des vêtements en toile d'amiante et des masques en amiante avec des yeux en verre. Chez Krupp, à Essen, les ciseaux dont se servent les ouvriers employés au nettoyage d'aciers chauds sont garnis de pare-éclats; les forgerons portent des tabliers en peau, des guêtres et des visières de sûreté. Pour les ouvriers doubleurs (ceux qui introduisent les tiges incandescentes dans les laminoirs), ce que l'on a trouvé de mieux a été réalisé par MM. Reverchon et C^ie^, aux usines du Clos-Mortier, et cela consiste en barres verticales qui abritent les ouvriers et en plaques percées dans lesquelles on engage les tiges métalliques qui vont et viennent et ne peuvent ainsi sauter et atteindre les personnes.

3° Manufactures de matières inflammables. — Le mieux est de vêtir les manipulateurs de ces substances d'habits de lasting qui brûlent très difficilement, même s'ils sont enduits de poudre ou de chlorate de soude et assez mal si l'on remplace ces produits par le chlorate de potasse.

Le mieux est de ne pas employer les enfants dans ces fabriques, comme le prescrit le décret du 13 mai 1893 (qui défend d'introduire des jeunes gens de moins de dix-huit ans et les filles mineures dans les ateliers où l'on traite les dissolvants et dans les fabriques de sinapismes et d'hydrocarbures).

4° Appareils a vapeur. — La plupart du temps les brûlures sont dues aux explosions; nous allons y revenir. Mais, aussi, elles peuvent être occasionnées par un jet de vapeur qui passe par une fissure d'une conduite ou d'un tube indicateur d'eau. Dans ce dernier cas il y a projection de verre brisé; on l'évite en entourant l'appareil d'un grillage. Pour prévenir les effets de la sortie de la vapeur par la rupture d'une conduite, on peut employer des soupapes de sûreté; pour le cas des fissures qui se forment dans les chaudières, au-dessous du niveau de l'eau, et qui sont la cause d'accidents très graves, il faut interdire l'accès des chambres à chaudières à toute personne autre que le chauffeur, et prévoir des dégagements faciles du bâtiment qui les renferme.

J'examinerai dans un prochain article les mesures préventives contre les explosions et les premiers soins à donner aux blessés en cas d'accidents.

A suivre.

C. Chabrié,
Chargé d'un cours à l'Institut
de Chimie appliquée (Sorbonne).

VARIÉTÉ

Les Sequoias Géants.

La Californie jouit d'un climat semi-tropical des plus délicieux. On n'y sent point vivement ni le froid hivernal ni la chaleur estivale, car les brises venant soit du golfe, soit de l'océan Pacifique, y attiédissent continuellement l'atmosphère. Cette situation privilégiée a permis aux différentes essences arboricoles, qui poussent sur les flancs de la Sierra-Nevada, d'atteindre de gigantesques proportions. En particulier les conifères, appelés *Wellingtonia* en Angleterre, *Washingtonia* aux États-Unis et plus connus en Europe sous le nom de *Sequoia*, prospèrent admirablement dans les districts de Calaveras et de Mariposa.

Un ancien voyageur du Muséum de Paris, Jules Remy, attribue aux plus beaux spécimens de cette famille botanique l'âge respectable de 2000 ans environ. Que de révolutions n'ont pas vues ces géants végétaux depuis le jour où de petites graines grosses à peine comme des lentilles leur ont donné naissance! Que de générations humaines disparues! Que de cataclysmes géologiques! Que d'empires écroulés!

Calaveras se trouve à l'ouest de San-Francisco et pour y parvenir on prend les lignes du « Southern Pacific Railroad » jusqu'à Milton, puis des diligences conduisent par Murphys jusqu'au terme du voyage, c'est-à-dire dans une forêt magnifique que dominent, çà et là, des

Sequoia gigantea séculaires. Le plus élevé d'entre eux a reçu des Californiens le sobriquet de « Keystone state » et il mesure un peu plus de 117 m. de hauteur. On voit à côté de ce roi de la création, une trentaine d'autres arbres identiques dont le diamètre varie de 7 à 15 m. et dont la cime se balance entre 70 et 97 m. Un sequoia abattu, il y a quelques années, possédait même des dimensions plus imposantes : il mesurait 137 m. 25 de long et 36 m. 60 de circonférence à la base.

Quant à la région de Mariposa, elle est située près de la fameuse vallée du Yosemite à 1 982 m. d'altitude et ce fut Hutching qui, en l'explorant sérieusement vers 1855, en vanta le premier les curiosités naturelles. Des hôtels s'établirent alors dans ces sites enchanteurs, que de nombreuses caravanes d'excursionnistes vinrent visiter les années suivantes et, finalement, le Congrès des États-Unis résolut de sauvegarder ces merveilles. On réserva une étendue de 24 km. de long sur 1 km. 6 de large pour constituer un parc national « inaliénable à perpétuité et exclusivement réservé aux plaisirs du public ». Des rochers enserrent de toute part, à des hauteurs variant de 915 à 1 830 m., la rivière Merced qui traverse cette Suisse en miniature où se rencontrent de jolies cascades dont la plus importante, celle de Yosemite, s'élance de 793 m. de hauteur; elle se compose d'une première

FIG. 1. — LE « GRIZZLY GIANT », SEQUOIA CALIFORNIEN MESURANT 27 M. 45 DE CIRCONFÉRENCE A LA BASE.

chute verticale de 457 m. qui s'étage ensuite sur 189 mètres et finit par retomber dans la vallée. Sur l'étroite bande de terre qu'arrose ce torrent, on aperçoit plusieurs centaines de sequoias dont on a relevé soigneusement la position sur une carte officielle et dont les photographies ci-jointes représentent les plus curieux spécimens. Le « Grizzly Giant » a une hauteur de 91 m. 50 et mesure 27 m. 45 de circonférence à la base (fig. 1). Ainsi que notre gravure permet de s'en rendre compte, des cavaliers montés paraissent bien grêles à côté de cet arbre « dont l'enfance,

comme l'écrit poétiquement le botaniste Lindley, remonte à l'époque où Samson assommait les Philistins, où Pâris courait les mers avec la belle Hélène et où Enée emportait Anchise sur ses filiales épaules ». Les autres sequoias figurés ici sont le « Célibataire » et les « Trois Grâces », — moins majestueux mais néanmoins de taille respectable, si on les compare au personnage qui disparaît presque à leurs pieds (fig. 2). Malheureusement la foudre et l'incendie

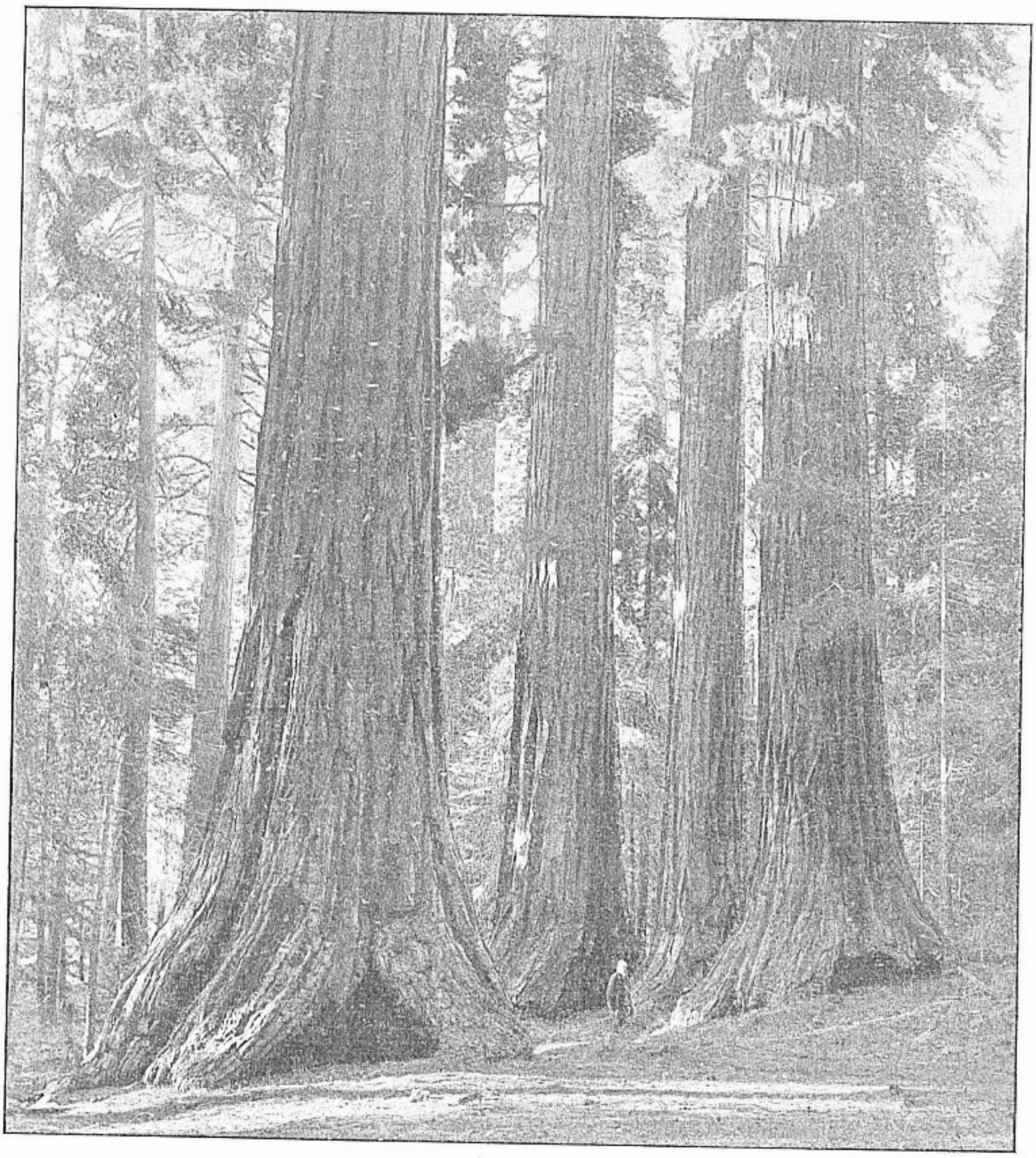


FIG. 2. — LE « CÉLIBATAIRE » ET LES « TROIS GRACES », SEQUOIAS GÉANTS DU « YOSEMITE NATIONAL PARK » (CALIFORNIE, ÉTATS-UNIS).

déciment parfois ces rares témoins des âges passés.

D'autre part, les sequoias non compris dans le périmètre du « Yosemite national park » ont un

ennemi autrement redoutable que les agents physiques : l'homme. Le bois de ces conifères est, en effet, homogène, léger, rougeâtre, susceptible d'un beau poli et ne se fendille pas. Aussi la « Sanger Lumber Company » met-elle en coupe réglée les mastodontes végétaux de la Sierra-Nevada. Dans les premiers temps de son exploitation, cette société ne s'attaquait qu'aux arbres de 100 à 120 m. de haut, mais vu les hécatombes faites, elle s'en prend actuellement aux sequoias de dimensions moitié moindres.

Les bûcherons travaillent sans discontinuer. La nuit, la lumière électrique remplace le soleil absent et en vingt-quatre heures une équipe de quelques hommes produit 600 m.c. de bois. Une fois les énormes troncs débités à la longueur voulue, dans des scieries mécaniques qui empruntent leur énergie aux torrents du voisinage, on procède à la descente des poutres du flanc de la montagne jusqu'à la vallée. Pour cela la compagnie a construit des caniveaux à pente rapide, profonds de deux mètres, larges d'autant et qui servent de déversoir aux eaux ayant actionné les turbines.

Au moyen d'engins appropriés, les ouvriers amènent les bois sciés jusqu'à cette rigole et ceux-ci, entraînés par leur poids autant que par la rapidité du courant, parviennent jusqu'aux pieds des monts. Toutefois, par suite de l'élévation croissante des lieux d'abatage, l'établissement de caniveaux devint par trop onéreuse et la « Sanger Lumber Company » dut construire une voie ferrée en plusieurs endroits.

Pour remorquer des trains sur les pentes abruptes de la Sierra-Nevada, les ingénieurs adoptèrent un type spécial de locomotives comportant trois cylindres, disposés verticalement sur l'un des bas-côtés de la chaudière et agissant simultanément sur 5 des 8 roues couplées. Les tiges de leurs pistons se relient à un même arbre coudé s'étendant d'une extrémité à l'autre du châssis qui supporte le générateur. Grâce à des engrenages coniques, le mouvement se transmet à des bielles qui deux à deux actionnent les essieux calés sur les roues correspondantes. De la sorte, la locomotive possède une adhérence très grande et l'ascension s'opère sans difficulté sur les plus fortes rampes. En outre, des espèces de treuils à vapeur, qu'on transporte à volonté sur les différents points où se pratiquent les coupes, facilitent singulièrement la manœuvre de ces gros troncs et le halage des bois débités jusqu'aux wagons du train. Ces mêmes appareils aident par d'énergiques tractions à abattre les sequoias lorsque la scie à ruban a tranché partiellement leurs pieds. Le colosse incline alors lentement sa tête altière, se penche de plus en plus, puis s'abat en brisant les arbres à l'entour et en faisant trembler le sol sous sa pesante masse.

On utilise parfois la dynamite pour terrasser les sequoias dont le diamètre dépasse 2 m. 50. Pour cela, on trace, à la hache, un cercle sur l'écorce de la victime désignée et on insère, dans le sillon ainsi obtenu, une guirlande de cartouches réunies entre elles par un fil électrique communiquant avec chacun des détonateurs. Un simple contact qu'on détermine à distance provoque l'explosion. Le tronc se trouve nettement sectionné à la hauteur voulue. Cette méthode se pratique principalement dans les endroits d'accès difficiles, où l'emploi des outils mécaniques deviendrait coûteux et difficile sinon impossible.

Ajoutons que, seuls dans la nature, certains eucalyptus d'Australie peuvent rivaliser avec les sequoias d'Amérique, puisque l'un d'eux, mesuré jadis par M. Pemberton Walcott, s'élevait à 133 m. de hauteur. Quatre hommes à cheval entraient facilement à l'intérieur du tronc.

Il existe de très nombreuses espèces d'eucalyptus presque toutes indigènes d'Australie ; les immenses forêts de la *Tasmanie* sont constituées par des eucalyptus ; on en a signalé une espèce au Tonkin : c'est un arbuste connu sous le nom de *Vidsi* et qui est cultivé pour l'assainissement des marécages. Les eucalyptus sont connus des Européens seulement depuis un siècle ; il y a cinquante ans environ qu'ils ont été cultivés dans les serres de la Malmaison pour la première fois. Mais ces Myrtacées ne sauraient soutenir la comparaison, au point de vue de la grosseur, avec les géants californiens.

Enfin divers pépiniéristes tentèrent d'acclimater, en France, le sequoia, qui paraît s'y bien comporter. Il demande un sol profond, argilo-siliceux, un peu frais. Sa grande endurance, son port majestueux, son feuillage toujours vert le placent au premier rang des plus beaux arbres d'ornement. Aussi sans nul doute, dans une dizaine de siècles, nos arrière-neveux contempleront au Bois de Boulogne, quelques-uns de ces superbes conifères qui remplaceront avantageusement la Tour Eiffel, dont la rouille aura, depuis longtemps, rongé les derniers fers.

JACQUES BOYER.

PÉDAGOGIE

TRIBUNE LIBRE

D'ENSEIGNEMENT EXPÉRIMENTAL

Hygromètre chimique.

La définition classique de l'état hygrométrique de l'air est la suivante : C'est le rapport, à un instant donné, de la tension de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, à la tension maxima, à la même température : $e = \frac{f}{F}$.

Depuis que j'enseigne, je n'ai jamais traité cette question sans demander aux élèves : « Qu'entendez-vous par la tension de la vapeur d'eau dans l'atmosphère? Quelle idée vous en faites-vous? Que signifie cette expression : La tension dans l'atmosphère est de 9 mm.?» Autant de demandes restées sans réponses.

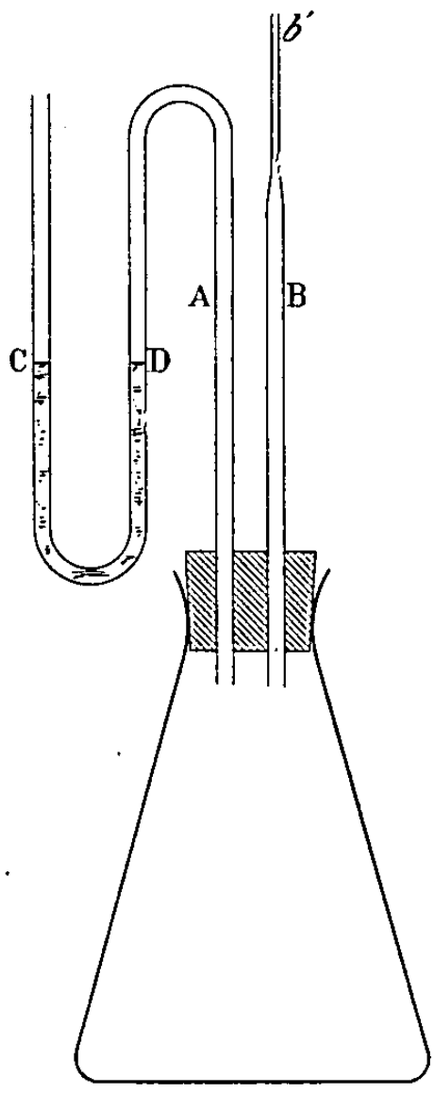


FIG. 1. — MESURE DE LA TENSION ACTUELLE *f*.

Le petit appareil suivant a pour but de définir cette tension, et de la mesurer, par un dispositif très simple et d'une construction très rapide.

Un flacon quelconque, par exemple une fiole de Bohême conique (fig. 1), de 250 cc. est bouchée par un bon bouchon de caoutchouc, dans lequel passent deux tubes : l'un A deux fois recourbé et contenant du mercure, fait office de manomètre; l'autre droit, effilé sur une longueur de 10 à 15 cm. est ouvert. Avant l'expérience, le flacon est ouvert, de façon que l'air qu'il contient soit identique à l'air extérieur.

MARCHE DE L'EXPÉRIENCE. — On verse dans le flacon de l'acide sulfurique pur sur une hauteur de 1 cm., on bouche rapidement, et, au moyen d'une flamme de gaz, on ferme la pointe *b'*. Cette disposition a pour but de ne pas modifier le volume de l'air, ni par conséquent sa pression. On voit immédiatement le mercure descendre en C et monter en D, et, lorsque l'équilibre est rétabli, la différence de niveau définit et mesure la tension *f*, d'une façon absolument directe. Une bande de carton adaptée au manomètre porte une graduation en millimètres.

La pointe, ou plutôt la partie effilée du tube, est assez longue, pour que le tube puisse servir plusieurs fois. Il est dès lors inutile de le remplacer à chaque expérience.

On peut aussi remplacer le mercure du manomètre par de l'acide sulfurique pur.

La hauteur d'acide sulfurique pur correspondant à 1 mm. de mercure est :

$$h = 1\,\text{mm.}\,\frac{13{,}59}{1{,}84} = 7\,\text{mm.}\,38$$

On construira donc la graduation en conséquence.

Communiqué par M. LAUREAU,
Professeur de physique au lycée de Laon.

Construction et usages d'une machine à faire le vide : trompe à eau.

J'ai utilisé le dispositif représenté (fig. 2), imparfait, mais facile à établir. Deux bouchons BB', fermant un verre à bec de gaz, livrent passage à deux tubes formant trompe en *m*. La différence des niveaux *a* et *b* obtenue au manomètre avec un mauvais appareil était de 30 cm. Cette différence dépend du débit d'eau, c'est-à-dire du degré de serrage du raccord en caoutchouc R. Il faut employer en B, B' des bouchons de caoutchouc, ceux de liège laissant rentrer l'air. Ce fait est établi par les nombreuses bulles d'air qui traversent la couche d'eau qui recouvre le bouchon B' lorsque celui-ci est en liège.

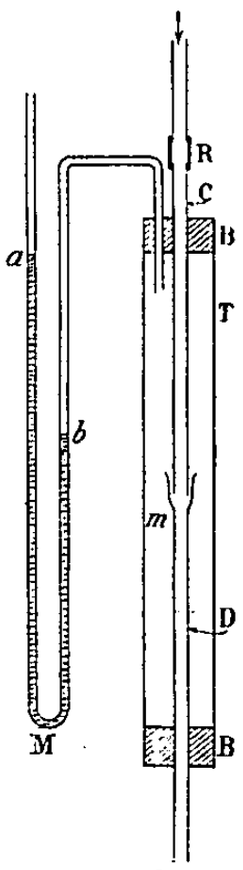


FIG. 2.

Avec un dispositif semblable, l'ébullition sous une pression moindre que celle du milieu ambiant (fig. 3), l'évaporation rapide par le passage d'un courant d'air dans un milieu liquide (fig. 4), etc., ne seront plus des points théoriques dans les leçons de physique aux élèves des Écoles primaires supérieures et des Écoles normales d'instituteurs.

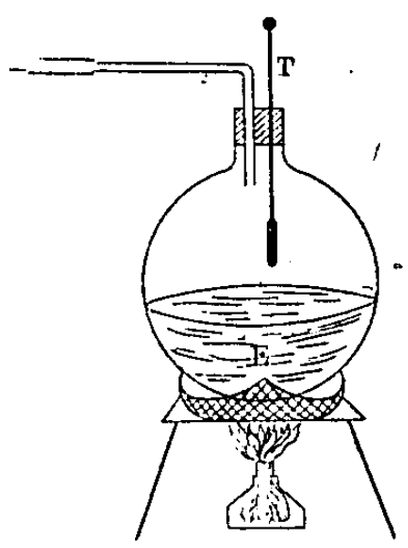


FIG. 3.

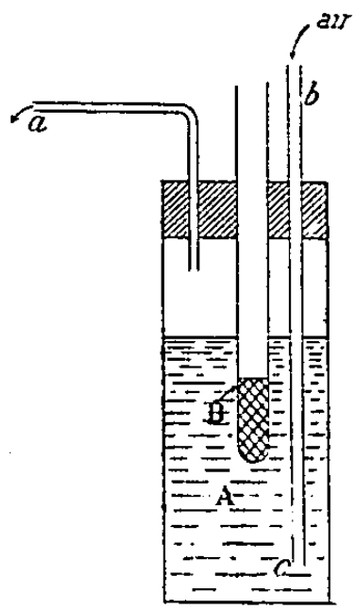


FIG. 4.

Communiqué par M. BOMBOIS A.
Chargé des cours de sciences dans une École primaire supérieure (Clermont).

Étincelle de rupture.

Source d'électricité à employer : au *minimum* 6 éléments au bichromate de potassium, ou 6 éléments Leclanché... ou mieux une petite machine *magnéto Gramme*. Les élèves ayant constaté que — quelque petit que soit l'intervalle séparant les deux fils de cuivre fixés aux *pôles* de la source — aucune étincelle électrique ne jaillit entre ces fils, ils produiront l'étincelle dite *de rupture*. L'expérience peut être rendue plus brillante à l'aide d'une lime assez rugueuse L, dont l'extrémité A est reliée au pôle de la source électrique (fig. 5). On saisit

par la partie isolante le fil négatif, et l'on promène vivement son extrémité sur les parois de la lime. On obtient de brillantes étincelles, des particules de fer sont volati-

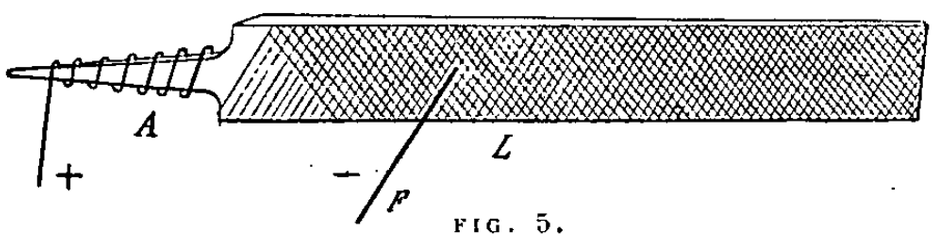


FIG. 5.

lisées et l'on observe de jolies gerbes bleuâtres. Ces effets lumineux sont encore plus intenses si l'extrémité du fil se termine par un petit *balai* de fils de cuivre fins[1].

O. JULLIEN,
Licencié ès sciences,
professeur d'École normale.

Préparation d'un réticule de lunette et exercices d'autocollimation.

La plupart des lunettes sont munies d'un *réticule* formé de deux fils très fins tendus suivant deux diamètres d'un disque évidé. Il est très facile de se procurer un réticule ; on commence par mettre un peu de colle dans la région qui doit recevoir les bouts des deux fils et on touche avec le disque un fil tendu d'une toile d'araignée (fig. 6). On retire le disque qui emporte alors le fil *pris à la glu*. On obtient le deuxième fil, par la répétition de la même manœuvre.

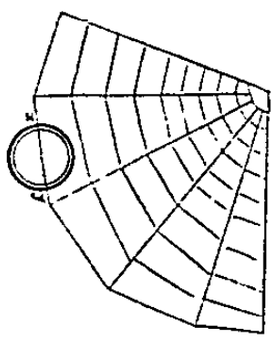


FIG. 6.

L'élève observera d'abord directement au moyen d'une lunette le réticule pris pour objet (choix de l'éclairage), après quoi il le mettra en place dans le tube de la lunette. Celui-ci est percé d'un orifice latéral en regard duquel on dispose la source qui doit éclairer le réticule, une petite lamelle de verre inclinée sur l'axe du tube et placée du côté de l'oculaire envoie sur le réticule les rayons qui viennent de la source.

Ce réticule *pose comme objet* pour l'objectif. On proposera à l'élève d'en ramener l'image dans la lunette. Pour cela il disposera devant la lunette un miroir plan M (fig. 7) qu'il orientera de façon à réfléchir dans la lunette le faisceau qui en vient. En supposant le réticule placé dans le plan focal de l'objectif, les rayons provenant d'un point *a* qui *font retour* sont dans le même état que s'ils venaient de l'infini dans des directions symétriques de celles des

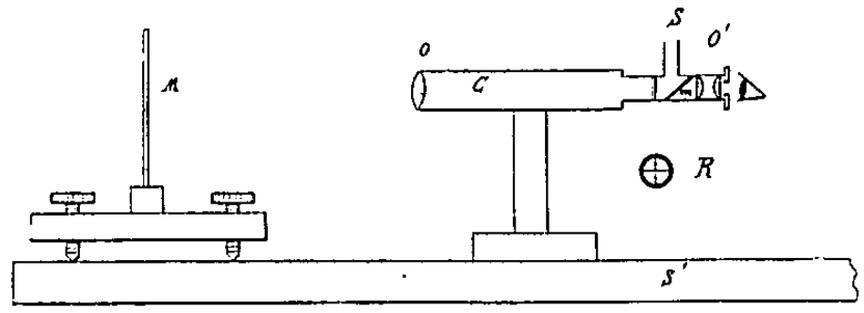


FIG. 7.

rayons incidents par rapport à la normale au miroir, en conséquence ils fourniront dans le plan focal de l'objectif une image *a'* du point *a* du réticule (fig. 8). L'élève réglera d'abord le miroir et le tirage qui fait varier la distance de l'objectif au réticule de façon à apercevoir très nettement l'image du réticule, puis en agissant, soit sur le miroir, soit sur la lunette, il amènera l'image en question à coïncider avec le réticule objet lui-même. Il est bon

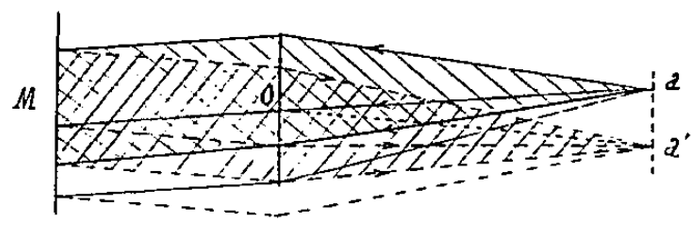


FIG. 8.

de prendre l'habitude d'agir par moitié pour la correction sur la lunette et sur le miroir. Cette manipulation optique est des plus importantes. Elle permet de rendre la ligne de visée perpendiculaire au plan du miroir.

L'application la plus récente de cette méthode générale a été faite par M. Berget, qui s'est proposé de rendre *horizontale* la ligne de visée d'une lunette. Il suffit évidemment pour cela de rendre l'axe de la lunette perpendiculaire à un plan vertical. Une lame M *à faces parallèles*, argentée sur ses deux faces, est suspendue par deux lames métalliques *r*, *r* à un disque A (fig. 9) que l'on peut faire tourner de 180 degrés, on échange ainsi les faces de la lame. Une tige filetée *c* perpendiculaire au plan de la lame argentée porte vers ses extrémités des écrous mobiles au moyen desquels on peut faire varier l'inclinaison de la lame. On rendra la ligne de visée normale à la première face, on retournera le système de 180° ; en agissant par moitié sur l'inclinaison de la lame et sur la lunette on rétablit la coïncidence. Il est bon de *faire des retouches*, c'est-à-dire de répéter deux ou trois fois le retournement afin de parfaire le réglage.

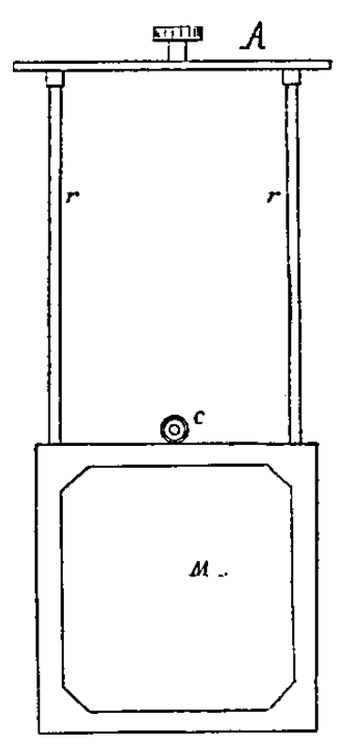


FIG. 9.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences.

Chlorure stanneux.

Une manipulation qui peut être faite simultanément et à peu de frais par un assez grand nombre d'élèves, est la préparation du chlorure stanneux. Chaque élève découpe sur une baguette d'étain un gramme de rognures au plus qu'il chauffe ensuite doucement avec trois ou quatre centimètres cubes d'acide chlorhydrique concentré dans un tube à essai. L'effervescence est bien visible, mais l'étain est lent à se dissoudre, il faut un peu de patience. De temps à autre on essaie le degré de concentration de la liqueur en décantant une partie dans un deuxième tube à essai que l'on refroidit en le plongeant dans l'eau. Si les petits cristaux ne se déposent pas on reverse dans le premier tube et on continue de chauffer. Après environ une heure de travail, les plus patients ou les plus habiles obtiennent les cristaux désirés.

On essaie les propriétés décolorantes énergiques de la liqueur de préférence sur les taches de rouille du linge qui ont résisté à la lessive et que l'on fait ainsi disparaître instantanément sans dommage pour le linge. G.M.

Communiqué par M. A. ABERT,
Professeur au collège de Béziers.

1. Cette expérience est presque classique ; il n'était pas inutile toutefois de la rappeler.

Revue critique des Travaux scientifiques.

PHYSIOLOGIE

Les Précipitines. — Leur application à la médecine légale et à la pathologie des néphrites.

1° *Découverte des précipitines.* — Prenons le sang du cheval et injectons 10 centimètres cubes de ce sang dans le péritoine d'un lapin. Recommençons cette opération quatre ou cinq fois en laissant écouler un intervalle de huit jours entre deux injections consécutives. Au bout de ce temps, préparons le sérum de notre lapin ainsi traité; prenons d'autre part du sérum d'un cheval quelconque et mélangeons les deux sérums avec des précautions et dans des proportions dont l'énumération ne saurait trouver place ici. Nous observerons que le mélange des deux liquides d'abord parfaitement limpides ne tarde pas à se troubler; bientôt un précipité très net se dépose sur le fond du vase à réaction.

On exprime ce fait en disant que dans le sang de notre lapin préparé s'est développée une *précipitine* pour le sang du cheval.

La réaction est d'une grande sensibilité, car le sang de cheval dilué dans 5 000 volumes d'eau salée donne une solution qui précipite encore très nettement par addition de sérum de lapin préparé.

La réaction a encore un autre caractère, elle est *spécifique*.

Il faut entendre par là que le sérum d'un lapin préparé avec du sang de cheval précipitera par addition de sérum de cheval, mais ne précipitera pas par addition de sérum de chien, de chat, de bœuf, etc.

Jusqu'ici cette réaction des précipitines découverte par M. Bordelet, de l'Institut Pasteur, semblait n'être qu'une de ces curiosités d'expérimentation qui ne saurait intéresser que les hommes de laboratoire.

On va voir au contraire que cette réaction a des applications fort intéressantes, qui toutes sont fondées précisément sur la *spécificité* du phénomène.

2° *Application des précipitines à la médecine légale.* Le médecin légiste appelé à décider si une tache était formée de sang avait à sa disposition deux procédés : d'une part l'examen spectroscopique du liquide obtenu en raclant la tache et la délayant dans l'eau, d'autre part la formation de cristaux d'héminé ou chlorhydrate d'hématine, l'hématine étant une modification de l'hémoglobine, le pigment respiratoire rouge qui teint les globules. Ces procédés lui permettaient de décider si la tache à examiner était ou non du sang; dans les cas très favorables, lorsque le sang était frais, il pouvait, en s'aidant du microscope, reconnaître, grâce à la forme des globules, à la présence ou à l'absence d'un noyau, que le sang provenait soit d'un oiseau, d'un reptile ou d'un poisson, soit d'un mammifère. Mais il ne pouvait aller plus loin; il était impossible au médecin légiste d'affirmer qu'il était en présence de sang de lapin, de cheval, etc., ou de sang d'homme. Les précipitines au contraire, vont nous fournir ce moyen. Préparons, en effet, comme précédemment un lapin, mais cette fois, injectons-le avec du sang humain; il nous fournira une précipitine spécifique pour ce sang. Si donc nous voulons savoir si une tache même très ancienne est constituée par du sang humain [1], nous dissoudrons cette tache dans une petite quantité de chlorure de sodium à 8 p. 1000, nous filtrerons et nous ajouterons quelques gouttes de ce liquide à quelques centimètres cubes de sérum contenant de la précipitine humaine. Se forme-t-il un précipité, nous pourrons affirmer que la tache était constituée par du sang humain.

Une difficulté se présente cependant dans le cours de cette recherche, elle consiste à se procurer la quantité relativement considérable de sang humain nécessaire pour préparer le lapin qui doit fournir la précipitine humaine. On a tourné la difficulté soit en prenant du sang sur un cadavre humain, soit, ce qui est bien préférable, en injectant le lapin au moyen de liquides physiologiques tels que le liquide amniotique, ou pathologiques, comme le liquide d'ascite. Ces liquides ont, au point de vue des albuminoïdes, la même constitution chimique que le plasma du sang, et on peut facilement les obtenir en grandes quantités.

3° *Application à la classification zoologique.* — Nous avons dit que le sérum précipitant était *spécifique*, ce qui est vrai à condition d'observer certaines règles bien établies, notamment en ce qui concerne les proportions de sérum précipitant et de sérum à précipiter qui doivent être mélangées. Si on vient à inverser ces proportions, on trouve que le sérum énergiquement précipitant pour une espèce déterminée sera faiblement précipitant pour les espèces très voisines.

C'est ainsi que le sérum précipitant pour le sang de cheval le sera également un peu pour le sang de mulet ou même d'âne. Ces faits ont permis de vérifier le bien fondé du rapprochement de certaines espèces dans les cadres de la classification zoologique. Et à ce sujet, il faut constater, dût notre orgueil en souffrir, que le sérum précipitant pour le singe l'est aussi un peu pour l'homme...

4° *Application au diagnostic des néphrites et des affections du tube digestif.* — Voici un malade dans l'urine duquel on constate la présence d'albumine. Faut-il conclure que ce malade a une lésion des reins? Oui, si on constate au moyen des précipitines que l'albumine éliminée est de l'albumine humaine. Dans ce cas, en effet, l'organisme humain est en quelque sorte fissuré au niveau de l'organe malade qui laisse passer une partie des albumines du sang. Au contraire, vient-on à constater au moyen des précipitines que l'albumine éliminée n'est pas de l'albumine humaine ou n'est pas seulement de l'albumine humaine, on devra en conclure que le malade présente des troubles de la digestion. Ceci demande une explication.

1. Le procédé est également applicable aux différentes sécrétions que le médecin légiste peut avoir à examiner.

Si on injecte dans le système circulatoire d'un animal de l'albumine d'une espèce étrangère, cette albumine n'est point assimilée, mais elle est aussitôt éliminée au niveau du rein. C'est ainsi que Cl. Bernard injectant de l'albumine d'œuf de poule à un chien a vu cette albumine passer immédiatement dans l'urine. Le propre de la digestion est précisément de remanier les substances ingérées de telle sorte qu'elles soient assimilables pour nos tissus. Si les organes digestifs fonctionnent mal, cette transformation de substances ingérées s'opérera incomplètement, il passera au niveau des villosités dans le système de la veine porte des substances assimilables qui seront aussitôt éliminées par le rein.

Il est évident que chez de tels malades l'ingestion de lait de vache sera suivie d'une élimination d'albumine, que la précipitine nous montrera être de l'albumine de vache et non de l'albumine humaine, — et de cette façon le médecin pourra reconnaître avec certitude un trouble digestif qu'il aurait sûrement confondu autrefois avec une lésion rénale.

Telles sont les principales applications des précipitines; elles commencent seulement à entrer dans la pratique.

Substances albuminoïdes dextrogyres.

Jusqu'à présent, il était admis que toutes les substances albuminoïdes isolées des tissus des êtres vivants étaient lévogyres sans aucune exception, c'était là un des caractères physiques fondamentaux de ces substances.

Le Dr A. Gamgee, professeur émérite de physiologie à la Victoria University, vient de nous faire connaître deux exceptions importantes à la loi énoncée ci-dessus.

La première concerne l'hémoglobine, le pigment respiratoire rouge qui imprègne le globule sanguin. Le pouvoir rotatoire de cette substance n'avait jamais été étudié en raison de la difficulté que cette étude présente avec les moyens habituels dont disposent les physiologistes. Les solutions concentrées d'hémoglobine absorbent en effet toutes les radiations du spectre, sauf celles qui sont comprises entre les raies D et B. Il n'y avait donc point à songer à utiliser pour ce travail les polarimètres habituels à lumière monochromatique jaune. On utilisa la lumière monochromatique rouge obtenue en faisant passer la lumière blanche d'une lampe à arc successivement à travers une solution d'hexaméthylpararosaniline, puis une solution de chromate neutre de potasse. La lumière monochromatique ainsi obtenue correspond à la raie C.

M. Gamgee put ainsi établir que l'hémoglobine est une substance dextrogyre de pouvoir spécifique $(\alpha)\,C = +10°,4$.

La combinaison stable de l'hémoglobine avec l'oxyde de carbone, l'hémoglobine oxycarbonée possède le même pouvoir rotatoire spécifique.

On sait que différents agents (ferments solubles, acides) décomposent l'hémoglobine en une substance albuminoïde incolore, la *globine*, et une substance ferrugineuse colorée, l'*hématine*. L'étude de la globine a montré qu'elle avait un pouvoir rotatoire gauche comme toutes les autres matières albuminoïdes. Il semble donc que le pouvoir dextrogyre de l'hémoglobine soit dû au noyau ferrugineux.

Les cellules des tissus des êtres vivants renferment dans leur noyau des substances albuminoïdes particulières, riches en phosphore, appelées nucléines. Les nucléines isolées du pancréas, du thymus et de la glande surrénale possèdent un pouvoir rotatoire droit. Il en est probablement de même des nucléines de tous les autres organes, qui constituent ainsi la seconde exception à la loi énoncée.

Association de l'adrénaline à la cocaïne pour les petites opérations chirurgicales.

On sait quel avantage présente la cocaïne sur les anesthésiques généraux pour les opérations chirurgicales localisées. A condition d'employer une solution assez diluée et d'observer les règles formulées par M. Reclus, on obtient une analgésie parfaite des tissus sans avoir à craindre les accidents occasionnés parfois par l'exhalation du chloroforme, et sans que le patient ait à supporter le malaise qui suit le sommeil chloroformique.

On connaît d'autre part les propriétés remarquables de l'adrénaline isolée par Takamine des glandes surrénales.

Quelques gouttes d'une solution au millième de cette substance appliquées sur une muqueuse provoquent une telle vaso-constriction des artérioles qu'on voit la muqueuse blanchir et qu'on peut l'inciser sans provoquer aucune hémorragie; d'où son emploi fréquent dans la chirurgie des fosses nasales pour lesquelles l'hémostase est si pénible. M. Foisy a eu l'heureuse idée d'associer ces deux substances dans les opérations sur les tissus enflammés (abcès, phlegmons, etc.). A 20 centimètres cubes de la solution de cocaïne à 1/200e, on ajoute 6 à 12 gouttes de la solution de chlorhydrate d'adrénaline à 1/1000e.

Dr P. PORTIER.

LE MOUVEMENT SCIENTIFIQUE A L'ETRANGER

Radioactivité induite.

Nous avions vu, dans notre dernier article, le thorium et le radium donner soit directement, soit par l'intermédiaire du thorium X, une émanation. Celle-ci à son tour est capable de produire des effets sur les corps environnants.

Tous les corps de la salle où se trouve du thorium et du radium *deviennent radioactifs*. On dit alors qu'on a affaire à une radioactivité *excitée* ou *induite*. M. Rutherford montre que cette radioactivité induite est une conséquence directe de l'émanation.

Les preuves de ce fait sont nombreuses. L'uranium et le polonium, qui ne produisent pas d'émanation, ne donnent pas de radioactivité induite, et si l'on supprime, par le passage d'un courant d'air l'émanation du thorium ou du radium, on supprime du même coup la radioactivité induite.

Cause de la radioactivité induite.

A quoi maintenant est due cette radioactivité ainsi induite? Pour M. Rutherford, il est nécessairement évident qu'elle est produite par le dépôt sur les corps d'une *matière radioactive*. En effet, si on attaque la surface du corps ainsi radioactivé par induction à l'aide d'un acide, la solution devient radioactive. Un simple frottement du même corps avec un drap rend le drap radioactif. Ce serait un quatrième changement chimique de l'atome de radium, et son analogie avec les autres est marquée par ce fait qu'on retrouve encore pour la perte de la radioactivité induite une loi exponentielle.

Liquéfaction de l'émanation.

Ainsi donc M. Rutherford insiste d'une façon particulière sur la nature matérielle de l'émanation et de la radioactivité induite. Il en a d'ailleurs donné une preuve frappante en montrant que *l'émanation se liquéfie dans l'air liquide*. Le courant gazeux qui a passé sur un sel de radium arrive en A, traverse la double spirale de cuivre plongée dans l'éthylène liquide et sort en traversant le tube T où sa radioactivité est mesurée par la méthode ordinaire (fig. 1). La température est mesurée par

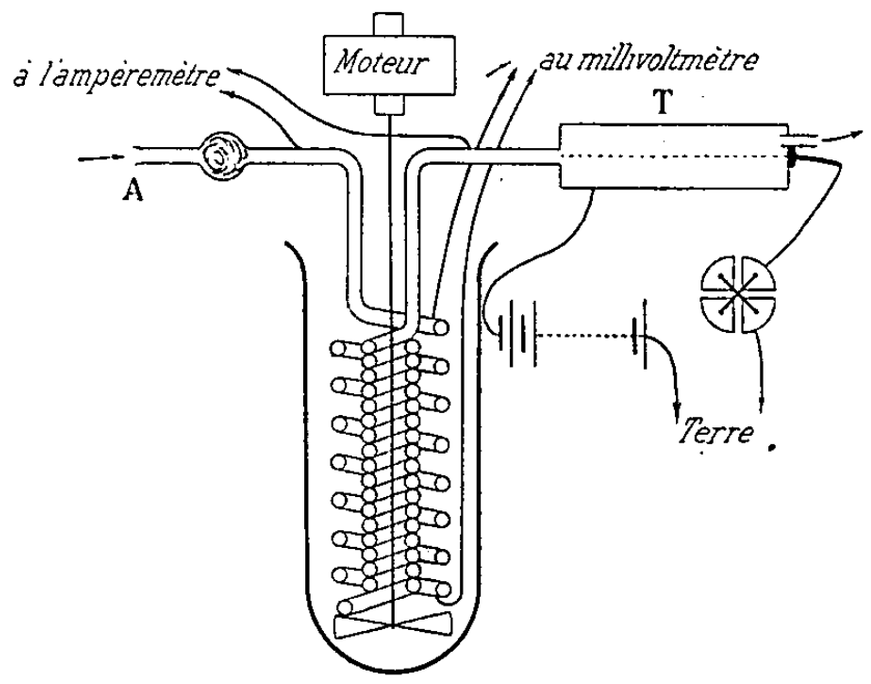


FIG. 1. — SCHÉMA DE L'APPAREIL A LIQUÉFIER L'ÉMANATION (COUPE VERTICALE DE LA DOUBLE SPIRALE).

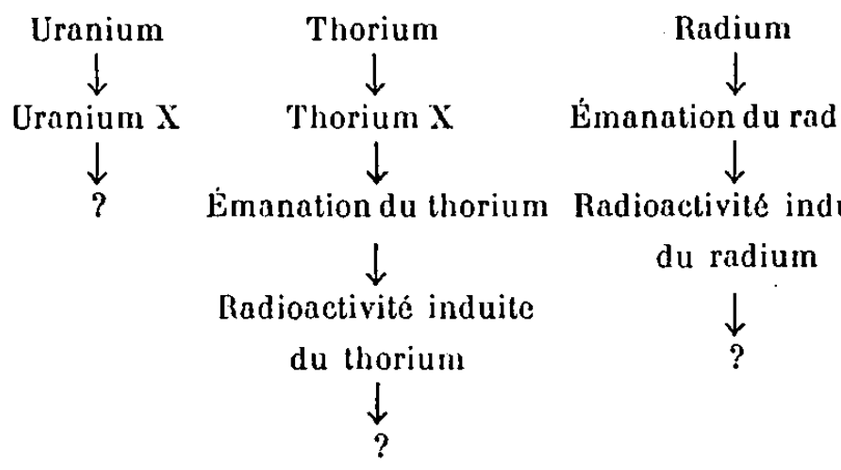
la variation de résistance de la spirale elle-même ; pour cela on la fait traverser par un courant maintenu constant à l'aide d'un ampèremètre et d'une résistance variable et on mesure à l'aide d'un millivoltmètre la différence de potentiel entre deux points de la spirale. On sait que si le courant est constant, cette différence de potentiel est proportionnelle à la résistance, qui varie d'à peu près 1/273e de sa valeur par degré. Le thermomètre est gradué par comparaison avec des points fixes connus (ébullition et solidification de l'éthylène, ce qui correspond à — 103°,5 et — 169°). C'est précisément entre ces deux températures que se produit le phénomène. Tout l'appareil étant plongé dans l'air liquide, on voit la température baisser depuis — 103° et on constate que vers — 150° la radioactivité du courant gazeux *subit une brusque diminution et devient nulle.* Dans l'espace d'un ou deux degrés, si on laisse remonter la température, l'émanation (que ce soit celle du thorium ou du radium) réapparaît brusquement. Il semble impossible que ce fait soit dû à autre chose qu'à une condensation du gaz émanation.

Transmission de la radioactivité induite.

Il est maintenant du plus haut intérêt de savoir comment se fait la *transmission* de ces influences radioactives. Une expérience simple répond à la question. On constate que dans une pièce où il existe des conducteurs chargés à un haut potentiel (par exemple, par une machine électrostatique comme celle de Holtz), *la radioactivité induite se trouve localisée sur le conducteur négatif ou cathode.* La matière qui produit la radioactivité induite semble donc composée de particules *positivement électrisées*, qui sont en effet attirées par le corps négatif.

Les corps radioactifs émettent *tous*, comme nous l'avons vu, au moins deux espèces de rayons, α et β. Nous avons dit que les rayons β étaient déviés dans un champ magnétique. Les expériences de M. Rutherford montrent que *ces rayons β sont tout à fait analogues aux rayons cathodiques*, c'est-à-dire sont constitués par des corpuscules ayant une masse de l'ordre du millième de celle de l'atome et négativement chargés. Enfin, la même série d'expériences montre que les rayons β sont également déviables, en sens inverse des rayons α et d'une façon beaucoup plus faible, de sorte *qu'ils semblent très analogues aux particules des rayons canal*, c'est-à-dire qu'ils seraient positivement électrisés et que leur masse serait égale à celle de l'atome.

Comme la production de tels rayons *accompagne toujours* les phénomènes de radioactivité, et qu'elle paraît tenir du changement d'un atome neutre, *expulsant* un petit corpuscule négatif et restant par conséquent positivement chargé, il paraît évident, d'après M. Rutherford, que cette production *constitue* les phénomènes de radioactivité. Et on peut résumer dans le schéma suivant nos connaissances actuelle sur les substances radioactives.



Le passage d'un corps au suivant serait le résultat de l'expulsion, par l'atome du corps, d'un corpuscule négatif pour lequel M. Rutherford propose le nom de *Métabolon*. Les points d'interrogation correspondent aux produits ultimes de la décomposition, qui ne tombent pas, pour le moment, dans le domaine de nos instruments ou méthodes de mesure.

La vie des matières radioactives.

Cette théorie admise, on connaît, par analogie avec les rayons cathodiques et les rayons canal, la charge et la masse de l'atome et de son métabolon. On peut donc calculer le rapport de l'énergie fournie à la quantité décomposée, par seconde, et par suite, la première étant connue, connaître la deuxième. On trouve ainsi, pour le thorium et l'uranium, qu'un gramme doit perdre environ *un milligramme par million d'années*; pour le radium, un milligramme *par an*. La « vie » du radium ne peut donc excéder quelques milliers d'années, et il semble probable que le radium n'a pas existé de tout temps, mais est engendré d'une façon continue par un changement radioactif, ce qui explique la faible quantité existante de cet élément.

Radioactivité de l'atmosphère.

Voilà, semble-t-il, des considérations un peu hypothétiques, s'appliquant en somme à deux ou trois corps très rares, et par conséquent ne présentant pas un grand intérêt général. Mais l'histoire de la radioactivité nous réservait encore une surprise. Les premiers, *Elster et Geitel* ont constaté qu'un fil chargé à un haut potentiel négatif *devenait radioactif en l'absence de tout corps radioactif connu*. Le phénomène est surtout marqué quand le fil a été exposé à *l'air libre*. L'étude complète du phénomène a été faite par M. Rutherford, à l'aide de l'appareil représenté ci-contre (fig. 2). Un cylindre métallique A est relié à une batterie de 100 volts dont l'autre pôle est à terre. Un fil d'une longueur de 15 mètres est suspendu à la fenêtre du laboratoire et maintenu pendant plusieurs heures à plusieurs milliers de volts à l'aide d'une machine Wimshurst. Il est ensuite enroulé sur un cadre métallique B qu'on place dans le cylindre, soutenu par un couvercle isolant. L'air de l'intérieur du cylindre devient alors conducteur et un courant charge l'électromètre relié au cadre B. C'est, on le voit, toujours la même méthode et presque le même appareil. On étudie ainsi la loi de décroissance de la radioactivité atmosphérique induite et l'on constate qu'elle est très analogue à celle de la radioactivité induite par l'émanation du radium. Il s'ensuit que *la terre elle-même doit être considérée comme émettant une émanation composée d'ions positifs*, attirés par le fil négatif. Plus le potentiel du fil est considérable, plus ces ions sont attirés de loin. On constate également qu'un *vent* un peu intense, en renouvelant l'air qui entoure le fil, augmente la radioactivité. Des recherches sur la variation du phénomène avec les conditions atmosphériques ont été faites par M. *Mac Lennan* à Toronto. Il trouva que la pluie ne changeait rien au phénomène, mais qu'à *une chute de neige* correspondait toujours une *baisse immédiate* dans la radioactivité induite. Ceci semble prouver que c'est la terre elle-même qui produit l'émanation et que celle-ci est complètement absorbée par une couche de neige un peu épaisse. Dans les deux cas, pluie ou neige examinées sont fortement radioactives. M. Mac Lennan, opérant au pied des chutes

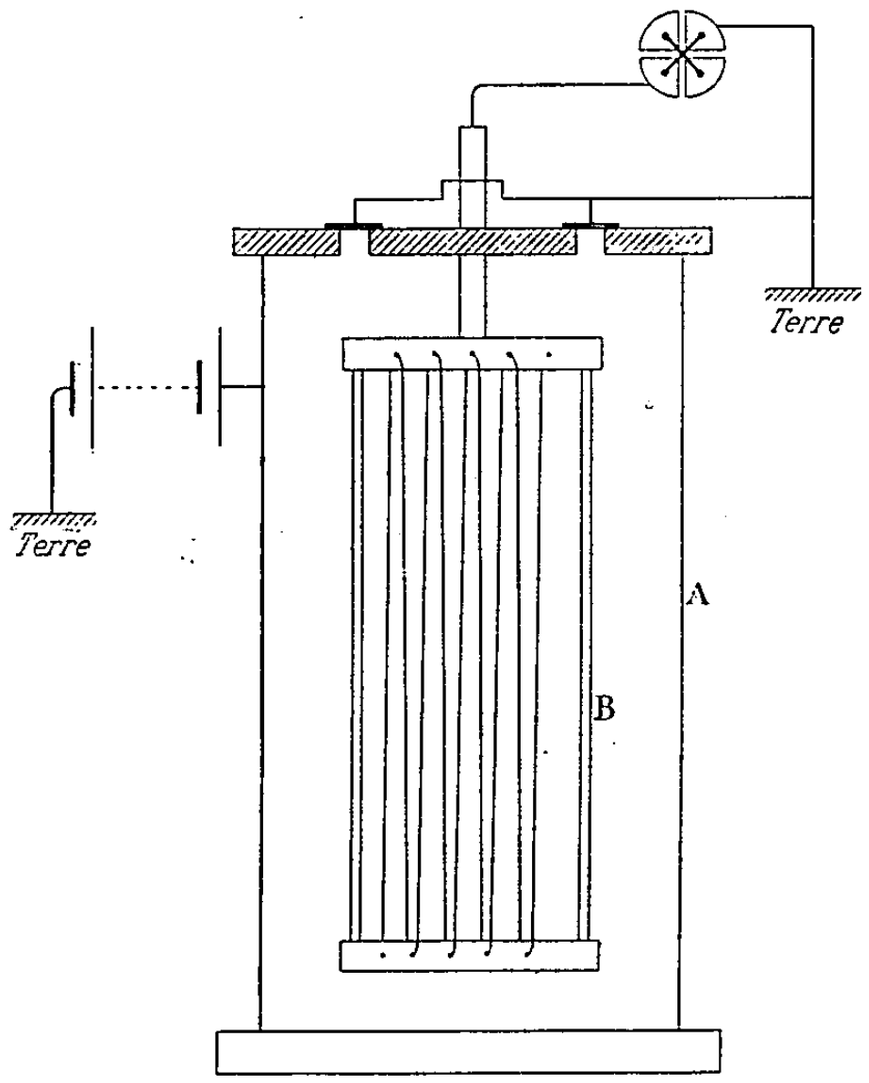


FIG. 2. — RADIOACTIVITÉ D'UN FIL CHARGÉ NÉGATIVEMENT.

du Niagara, a trouvé que la radioactivité atmosphérique était beaucoup plus faible. Il explique ce fait en supposant que la masse d'eau se charge négativement et attire ainsi une grande partie des ions radioactifs.

Il résulte de là que *l'air doit toujours être légèrement conducteur*, puisqu'il est toujours soumis à l'influence d'une certaine émanation. C'est bien en effet ce qu'on constate. En plaçant dans l'appareil de la figure précédente le cadre seul, sans le fil, on a une déviation de l'électromètre. MM. *Struff*, d'une part et *Mac Lennan* et *Burton* de l'autre, viennent de montrer que cette déviation varie suivant la nature des parois du cylindre A. Il semble donc que ce qu'on avait appelé l'ionisation spontanée de l'air provient d'influences radioactives exercées *par les corps les plus ordinaires*. En d'autres termes, *la radioactivité apparaît de plus en plus comme une propriété générale de la matière*, et son étude laisse le champ libre aux plus hardies hypothèses et aux plus intéressantes découvertes.

CH. LEENHARDT.

PETITES APPLICATIONS
DES SCIENCES NATURELLES

Nouvel appareil pour la chasse aux insectes.

En visitant une collection d'insectes, les profanes sont généralement étonnés d'en rencontrer tant de petits, dont la capture, semble-t-il, demande une patience de bénédictin. Ce n'est d'ailleurs là qu'une apparence, car leur récolte est peut-être moins difficile que celle des gros, qui sont relativement plus rares. Moins difficile, c'est vrai, mais moins copieuse aussi. Pour ceux qui aiment l'abondance, M. Paul Noël vient de décrire, dans *Le Naturaliste*, un dispositif qu'il vient d'imaginer et qui donne un grand nombre de ces petits insectes microscopiques : il le nomme le *distillatoire*, parce qu'il n'est pas sans analogie avec l'appareil à distillation fractionnée si employé dans les laboratoires de chimie et l'industrie.

Pour se procurer les matériaux de cette chasse d'un nouveau genre, il suffit de se promener dans les bois, de préférence sur les lisières, dans les champs, sur les côtes arides, armé d'un filet fauchoir, sorte de filet à papillons, solide, dont la gaze est remplacée par une forte toile; on promène sur les plantes ce filet en fauchant, de façon à faire tomber à l'intérieur les graines, les chenilles et les insectes, puis on verse le tout dans une boîte, et, lorsqu'on en a une provision convenable, on rentre au logis. Jusqu'ici on se contentait de placer par petites pincées les feuilles et fleurs fauchées dans une cuvette de porcelaine et, à l'aide d'un petit morceau de bois imbibé de salive, on capturait les insectes qui se faisaient voir dans ce mélange ; ensuite on les préparait pour les collections. Ce procédé est très long, très fatigant; lorsque l'on rentre d'une longue promenade, la fatigue empêche de se livrer tout de suite à cette recherche; on remet au lendemain et, alors, tout est mort quelquefois ou mangé par les espèces carnassières qui se trouvaient mélangées au reste. En outre, les espèces délicates s'altèrent et ne sont plus présentables en collection.

Le procédé de M. Paul Noël est plus rapide, plus simple et moins long pour le triage des insectes capturés. Lorsqu'on revient de la chasse aux insectes, soit après avoir fauché sur les herbes soit en rapportant des écorces d'arbres ravagées, des champignons pourris ou des animaux morts depuis quelques jours, on dépose le tout dans une grande boîte montée sur pied (fig.1), comme une table, et ne mesurant pas moins de 1 mètre de long, 0 m. 50 de large et 0 m. 30 de hauteur (ces dimensions, semble-t-il, pourraient être diminuées); la partie supérieure peut s'enlever facilement et repose seulement sur le cadre de la boîte, mais, pour avoir une fermeture hermétique, on enduit le couvercle d'une matière composée de chaux, d'essence de térébenthine et d'huile lourde de pétrole, de façon qu'aucun insecte ne puisse le traverser; sur ce grand couvercle, s'en trouve un plus petit, carré et collé sur le même mastic.

Tout le produit de la chasse est versé dans cette caisse, sur un tamis à larges mailles destiné à la soutenir; les insectes cherchent à se sauver au plus vite, parce que l'intérieur de cette caisse sent toujours un peu l'huile lourde de pétrole, très désagréable aux insectes. On a ménagé à la partie inférieure de la caisse un seul trou, rond, de 10 cm. de diamètre, le seul où puisse pénétrer la lumière. C'est dans ce trou qu'en quelques instants vont se précipiter les insectes, dont la plupart recherchent l'obscurité.

Ce trou est en relation à la partie inférieure avec une longue éprouvette en verre d'un litre, où tous les insectes viennent tomber. Mais il y aurait un grand danger à laisser ainsi les insectes dans une

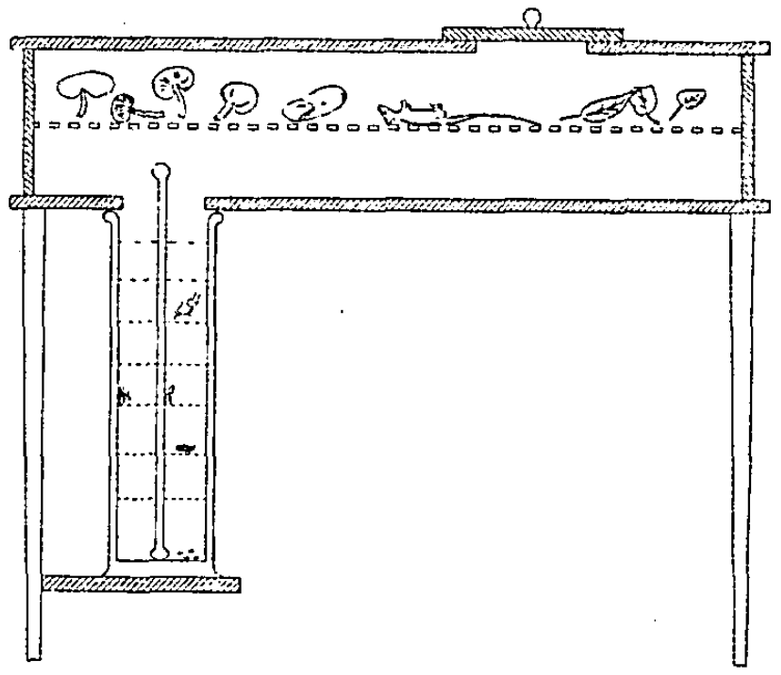


FIG. 1. — LE DISTILLATOIRE OU TRIEUR D'INSECTES.

si grande promiscuité, les petits pêle-mêle avec les grands. Un massacre des innocents ne tarderait pas à s'ensuivre et, au bout de quelques instants, on n'aurait plus qu'une bouillie d'insectes. C'est pour éviter ce carnage que l'on place à l'intérieur de l'éprouvette une tige de fer sur laquelle sont soudés des tamis de différentes grosseurs. Celui du haut de l'éprouvette a des mailles de 1 cm., ce qui retient du premier coup tous les gros insectes. Le second, placé à environ 10 cm. du premier, a des mailles d'un demi-centimètre ; le troisième des mailles d'un cinquième de centimètre ; le quatrième d'un huitième de centimètre, etc. De cette façon, les insectes de même grosseur se trouvent réunis sur chacun des tapis où il est facile de les capturer, surtout si on les endort, avant de les prendre, avec deux ou trois gouttes de chloroforme.

On peut, par ce procédé des plus simples, capturer en quelques heures, pendant la bonne saison, plusieurs milliers d'insectes, et ce procédé, qui permet de capturer sans fatigue un nombre prodigieux d'insectes de la même espèce, permet de trouver communément des variétés considérées jusqu'à présent comme très rares.

L'année dernière, M. Noël a tué, au moment de la sortie des nids, trente jeunes corneilles et les a déposées dans une forêt des environs. Huit jours après, il alla les chercher dans un sac et plaça tous les cadavres dans le distillatoire. Durant deux jours des insectes sont tombés dans l'éprouvette : Géotrupes, Nécrophores, Histers, Staphylins y étaient par centaines, sans compter les Diptères : il y en avait plus de deux litres; voilà de quoi charmer les loisirs de nos jeunes entomologistes en vacances.

HENRI COUPIN.

Bulletin Météorologique

Juillet 1903.

Le mois de juillet a été extrêmement pluvieux dans tout le nord-ouest de l'Europe, spécialement dans nos régions du nord et de l'ouest; le sud-est de la France seulement a été à peu près indemne. C'est surtout pendant la deuxième quinzaine, que l'on a eu à noter des chutes de pluie fréquentes, et quelquefois très abondantes. La première quinzaine a été beaucoup moins pluvieuse, elle a été aussi la plus chaude.

Du 1er au 7, le baromètre est resté assez élevé dans le sud-ouest de l'Europe, tandis que des dépressions passaient sur le nord-ouest. Quelques-unes ont été assez profondes pour l'époque de l'année, l'une, entr'autres, qui a traversé les Iles-Britanniques et la mer du Nord du 5 au 7; le 6, à 7 heures du matin, le baromètre marquait 748 mm. à Shields, et le 7 à la même heure 748 mm. à Fano. Cette dépression a amené des coups de vent du nord-ouest sur la Manche : le 7 la mer était grosse à la pointe de la Hague, elle a causé également des pluies assez abondantes dans toute la France : on a recueilli 42 mm. au cap Béarn, 11 à Perpignan, 8 à Besançon.

Lorsqu'une dépression traverse le nord-ouest de l'Europe en se dirigeant vers l'est, et que l'anticyclone des Açores avance une pointe sur le centre de la France, il arrive presque toujours qu'un minimum secondaire se forme sur le golfe de Gènes; en même temps que le vent de nord-ouest, le mistral souffle en Provence. C'est ce qui s'est produit pour la dépression dont nous venons de parler; le 7 au matin, le centre de la dépression principale se trouvant sur le Danemark, un minimum secondaire existe sur le golfe de Gênes. A Nice, le vent est calme tandis qu'il est fort à Marseille, très fort au cap Croisette et au phare de Titan, sur la plus orientale des îles d'Hyères.

Le temps s'est amélioré sur nos régions à partir du 8, par suite de l'établissement des fortes pressions sur l'ouest de l'Europe, puis, le baromètre a généralement baissé, en même temps que la température s'élevait assez fortement. Les maxima ont atteint 35° à Bordeaux, 33° à Limoges et à Charleville, 32° à Nancy, Toulouse et Paris. A la suite de cette brusque hausse thermique, des orages ont éclaté dans toutes les régions. A Paris, une forte averse a donné 7 mm. d'eau en peu de temps. D'abondantes chûtes de grêle se sont produites le 12 sur certains points de la région de Paris; à Tournan, dans Seine-et-Marne, d'énormes grêlons, mesurant jusqu'à 6 centimétres de diamètre, sont tombés pendant plus d'un quart d'heure, causant d'énormes dégâts matériels évalués à plus d'un demi-million de francs. La grêle n'a disparu des endroits abrités que trente-six heures après la chute.

Pendant la deuxième quinzaine du mois, les fortes pressions ont persisté entre les Açores et le golfe de Gascogne. Dans le nord, le baromètre est resté bas, et de nombreuses dépressions, dont l'influence s'est étendue jusqu'à nos régions, ont circulé de l'ouest à l'est; l'une d'elles passe sur les Iles Britanniques le 17; elle atteint la Baltique le 18, la Finlande le 19 (Helsingfors 747 mm.). Une autre a traversé les Iles-Britanniques et la mer du Nord le 29, puis elle a marché lentement vers le nord-est; le 30, le baromètre est descendu à 743 mm. à Skudesness, c'est la plus basse lecture du mois en Europe. En France, les vents d'ouest ont dominé accompagnés d'averses fréquentes. Celles-ci ont été presque quotidiennes dans le nord et l'ouest, et quelques-unes accompagnées d'orages ont été très abondantes. Aussi, on a recueilli 87 mm. d'eau à Sermaize (Oise) le 17, 39 à Biarritz, le 20, 39 le 24 au Hâvre. En tout du 17 au 31 on a mesuré 131 mm. de pluie à Biarritz, 100 à Dunkerque, 76 à Cherbourg. Dans la région de Paris, des orages accompagnés de pluies abondantes ont éclaté le 17, le 20 et le 23. Celui du 17 a donné 43 mm. d'eau au Bourget, 17 au Parc Saint-Maur, 15 au Parc Montsouris; le 23, il est tombé 11 mm. au Parc Saint-Maur et 18 à Châteaudun.

A Paris, la température moyenne du mois diffère très peu de la valeur normale; la moyenne des maxima et des minima de la première quinzaine présente un léger excès qui compense à peu près exactement le déficit de la seconde. Les minima ont été un peu plus élevés du 16 au 31 que du 1er au 15; mais, par contre, les maxima ont été plus bas, et n'ont pas atteint 25°. Le thermomètre a oscillé entre 8°,0, minimum observé le 8 et 31°,8 maximum du 12. Il est bon de rapprocher de ce nombre les températures extrêmes observées en juillet pendant une longue période; la plus basse est de 5°,7; elle a été notée en 1856. La plus haute est le maximum du 19 juillet 1881, 38°,4.

La quantité de pluie recueillie, 72 mm. 4, surpasse de 16 mm. la normale, on a compté 14 jours pluvieux dont 11 du 16 au 31.

CH. GOUTEREAU.

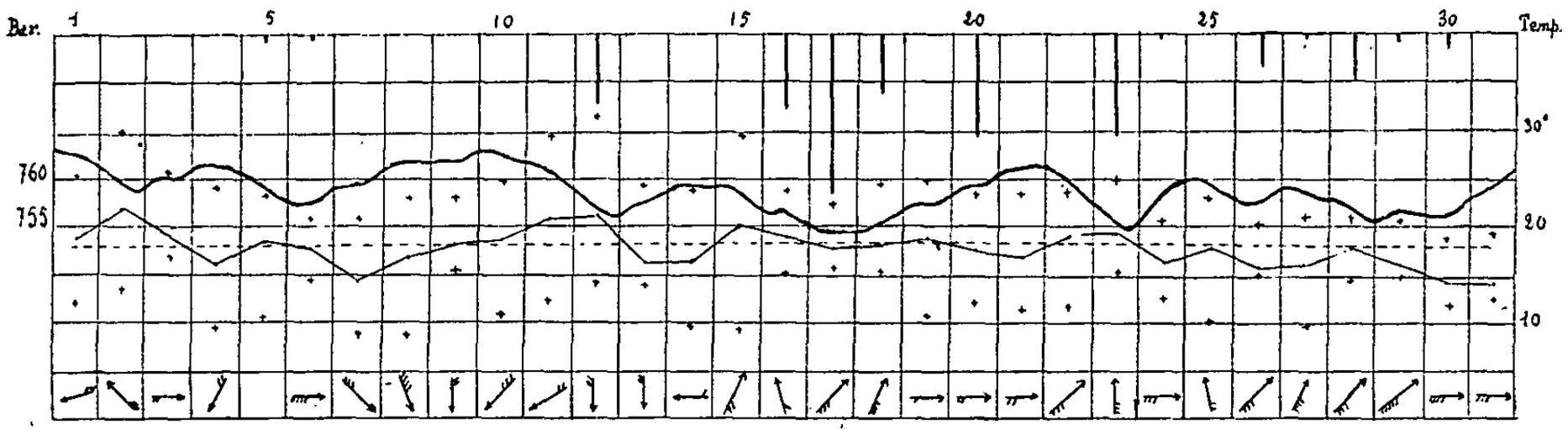


DIAGRAMME DES OBSERVATIONS DU PARC SAINT-MAUR. — JUILLET 1903.
(D'après le *Bulletin international* du Bureau central météorologique.)

La courbe en trait gras représente la marche du baromètre, ramené au niveau de la mer. Les croix indiquent les températures maxima et minima, les points reliés par des traits fins, les températures moyennes de chaque jour. La courbe pointillée donne la température normale de chaque jour du mois. La direction du vent est figurée par les flèches, la force par le nombre de pennes de 0 (calme) à 9 (tempête). Les traits gras verticaux partant du haut donnent la hauteur de pluies (1 mm. pour 1 mm. d'eau.)

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

CHIMIE ANALYTIQUE

RECHERCHES ANALYTIQUES FAITES DANS UN ATELIER DE REPASSAGE MÉCANIQUE.

Un vaste atelier de repassage mécanique a été organisé dans un quartier de Paris au milieu de l'été en 1902, et, à part quelques légers malaises : maux de tête passagers, douleurs dans la nuque, picotements des yeux signalés par quelques ouvrières, aucun accident n'avait éveillé l'attention du directeur, M. *Viturat*.

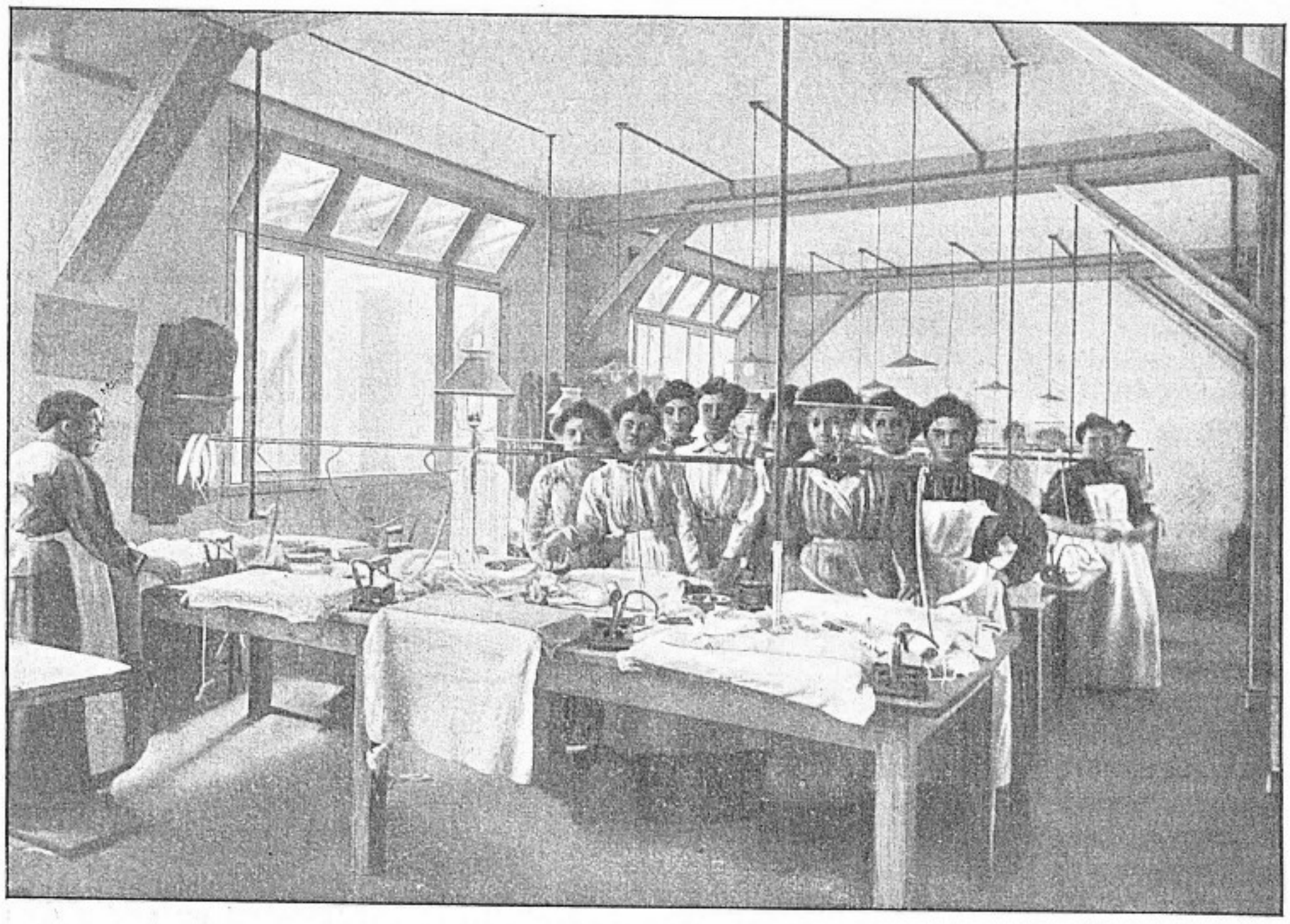


FIG. 1. — FERS A REPASSER CHAUFFÉS AU GAZ. INTÉRIEUR D'ATELIER.

Le 17 novembre 1902, premier jour de grand froid, les ouvrières fermèrent les vasistas qu'elles tenaient d'ordinaire constamment ouverts; toutes les femmes, au nombre de trente-trois, furent bientôt incommodées par des maux de tête et des bâillements fréquents; six d'entre elles furent obligées d'interrompre le travail. M. le Dr Fauquet, médecin de l'établissement, qui est venu me demander mon concours, interrogea les ouvrières qui avaient été le plus sérieusement atteintes. La nature et la succession des accidents rapportés par chacune d'elles a présenté très peu de différences. Les malaises débutèrent par des maux de tête, une sensation de barre au niveau des sourcils, ou encore une sensation de martellement des tempes; puis survinrent des bâillements, des nausées avec ou sans vomissement, des étourdissements sans perte de connaissance; enfin, il se produisit une grande faiblesse des jambes.

Les ouvrières sortirent de l'atelier à midi, elles mangèrent peu ou point, revinrent à une heure et furent reprises des mêmes malaises; le travail fut suspendu.

L'atelier dans lequel les accidents se sont produits a 15 m. de longueur, 10 m. de largeur et 3 m. de hauteur de plafond, ce qui fait un volume de 450 m³.

Les dix-huit fers à gaz (fig. 1) et les six machines cylindriques à repasser (fig. 2) qui sont normalement en usage brûlent par mois 700 m³ de gaz.

Nous avons recueilli dans l'atelier, à l'aide d'un soufflet muni d'une tubulure enveloppant la soupape et d'un tube de caoutchouc, une portion des produits de combustion qui s'échappent par le tuyau d'un cylindre métallique chauffé à l'aide d'une rampe à gaz disposée à l'intérieur. Le soufflet a servi à gonfler un petit sac de caoutchouc d'une contenance de 20 litres environ.

Nous avons pris en outre de l'air dans l'atmosphère de la salle.

1° L'air du tuyau d'échappement a donné un précipité abondant dans l'*eau de baryte*; j'ai trouvé une proportion d'acide carbonique cent fois plus forte que celle qui est contenue dans l'air pur.

Il y avait 16 cm³, 8 d'oxygène au lieu de 20,8.

J'ai fait passer 390 cm³ d'air du tuyau à travers l'*acide iodique* dans l'appareil du Dr Nicloux, j'ai obtenu des cristaux d'iode et une proportion de 1/812 d'oxyde de carbone.

2° La quantité d'acide carbonique que j'ai trouvée dans l'atmosphère de la salle fut six fois plus forte que dans l'air pur.

Dans le même air recueilli au centre de l'atelier, il y avait environ un six millième d'oxyde de carbone.

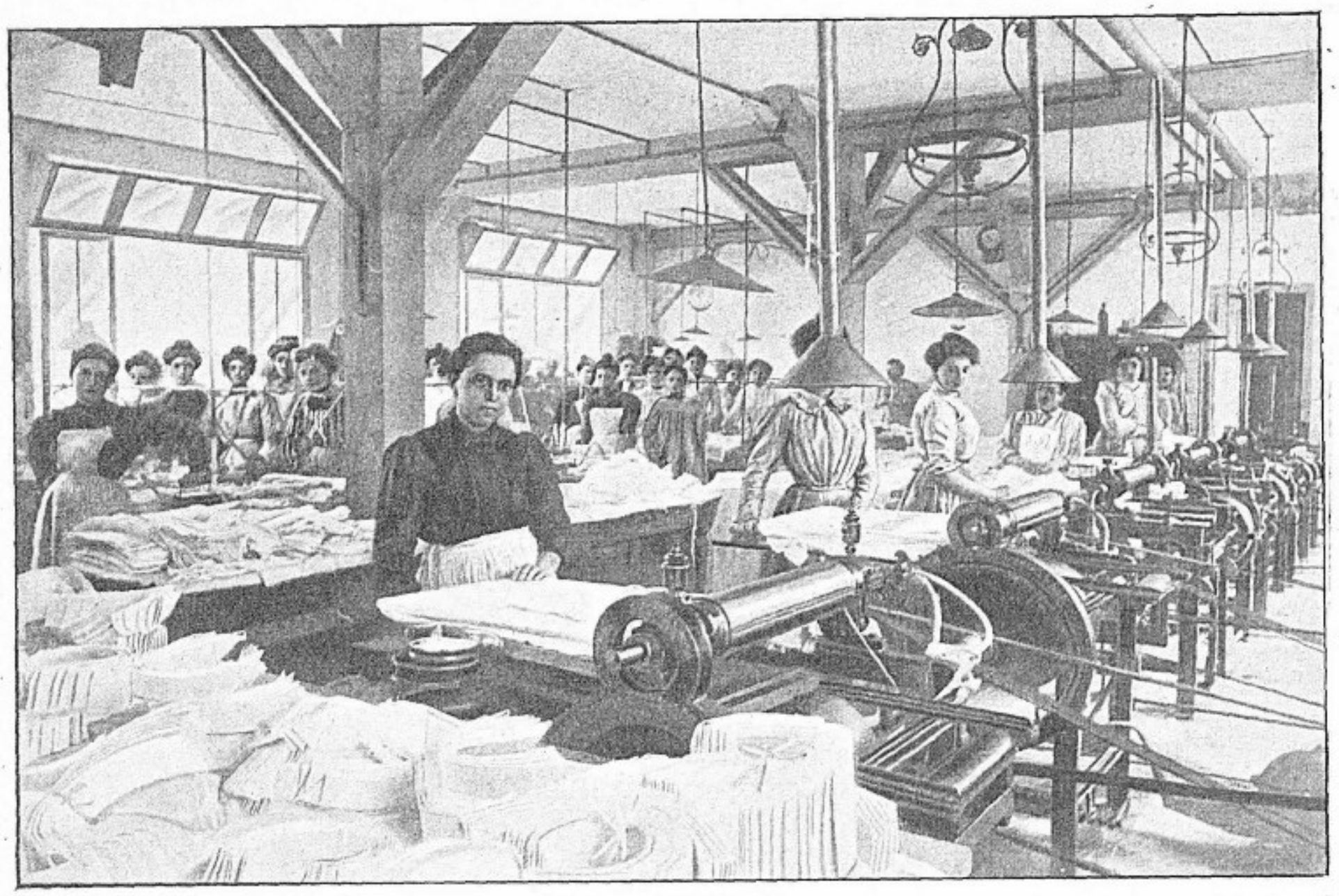


FIG. 2, — MACHINES CYLINDRIQUES A REPASSER.

Pour me rendre compte de la provenance de cet oxyde de carbone qui avait manifestement produit les accidents signalés, je me suis procuré un fer à chauffage intérieur par le gaz, qui après l'allumage a été placé au centre d'un cylindre de tôle pourvu d'une porte à coulisse et d'un tuyau d'échappement dans lequel j'ai introduit l'extrémité d'un long tube de cuivre, refroidi par un courant d'eau, uni à l'appareil à soupapes hydrauliques qui m'a permis de faire respirer à un chien les produits de combustion.

L'application de mon procédé physiologique de dosage de l'oxyde de carbone m'a fourni le résultat suivant : après une heure de respiration des produits de combustion du gaz mélangés avec l'air entraîné, 100 cm³ du sang de l'animal renfermaient 12 cm³, 4 d'oxyde de carbone com-

biné avec l'hémoglobine, ce qui, d'après le tableau de mes recherches d'absorption, correspondait à plus d'un six cent cinquantième d'oxyde de carbone dans les gaz qui ont circulé à travers les poumons de l'animal.

Ainsi se trouve confirmé ce fait qui résulte d'un grand nombre d'expériences : *toutes les fois que la flamme du gaz d'éclairage vient rencontrer des surfaces métalliques ou autres, il se produit de l'oxyde de carbone.*

Ces résultats m'ont conduit à donner au directeur de l'usine les conseils suivants :

1° Établir au-dessus de chaque machine à rouleau un entonnoir et un tuyau métallique qui se rend dans un large tuyau peu incliné sur l'horizon qui communique d'un côté près du plafond avec l'air de la salle et de l'autre côté avec une longue cheminée d'appel (fig. 3); 2° faire fonctionner un ventilateur dans l'un des angles de l'atelier; 3° maintenir l'ouverture permanente des vasistas disposés sur les deux plus longues surfaces latérales de l'atelier, à la partie supérieure des fenêtres.

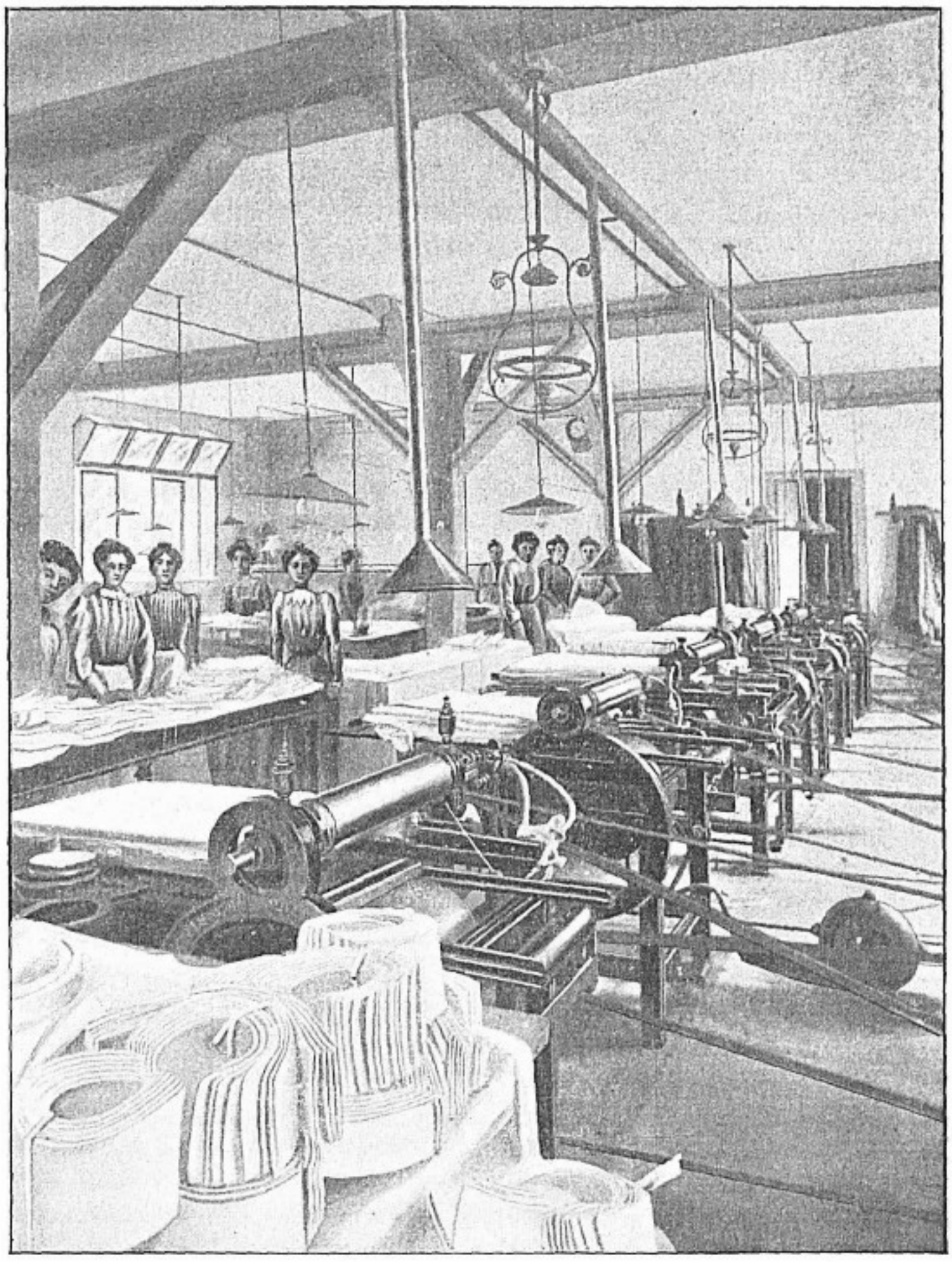


FIG. 3. — DISPOSITION GÉNÉRALE DES ENTONNOIRS D'AÉRATION.

Depuis que cette installation a été réalisée par M. Viturat, les ouvrières qui travaillent à la tâche ne présentent plus aucun malaise, elles gagnent davantage depuis qu'elles sont placées dans de meilleures conditions hygiéniques qui sont démontrées par une nouvelle série d'analyses que j'ai faites récemment [1].

Une des plus grandes satisfactions que puisse éprouver un physiologiste et un hygiéniste, c'est d'arriver ainsi, grâce à la bonne volonté d'un intelligent patron comme M. Viturat, à l'amélioration des conditions du travail d'une nombreuse classe ouvrière, car il existe à Paris et dans les environs près de quarante établissements semblables à celui que j'ai décrit.

NESTOR GRÉHANT,
Professeur au Muséum d'histoire naturelle.

1. Après avoir recueilli de l'air au niveau d'une table au centre de l'atelier, 32 ouvrières travaillant depuis quatre heures sans interruption, j'ai trouvé qu'il renfermait en acide carbonique le double de ce que contient l'air pur, 20,9 d'oxygène, proportion normale, et seulement 1/50 000 d'oxyde de carbone qui a suffi pour produire dans le sulfure de carbone une légère teinte rose. Une proportion aussi faible de ce gaz ne peut être nuisible.

HYGIÈNE INDUSTRIELLE

SUR LES ACCIDENTS ET LES MOYENS D'ASSURER LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL DANS LES FABRIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES *(fin)*.

Mesures préventives contre les explosions. — Il y a 5 causes principales d'explosion :

1° Manipulations des matières explosibles. — Ces matières peuvent détoner par le frottement, le choc, la chaleur et l'ignition. Les premières précautions sont relatives à la disposition des magasins, qui doivent être petits, nombreux, séparés par des murs en terre, dont le sol doit être recouvert d'une feuille de plomb (si l'explosif est le fulminate de mercure) ou bien dont les clous doivent être couverts de mastic si le plancher est en bois. On interdit de fumer, de porter des instruments en acier et des allumettes. On prescrit d'enfermer la matière dans des vases recouverts de chemises de paille, ou de cuir, ou de crin.

L'éclairage se fera par l'extérieur au moyen de lampes électriques. On installera, comme à Hamm-sur-la-Sieg, en Allemagne, un appareil automatique pour éteindre l'incendie, basé sur la fusibilité d'une chaîne métallique dès que la température s'élève au delà d'une certaine valeur. La fusion de cette chaîne détermine l'ouverture d'une conduite dans laquelle circule l'eau à haute pression; de telle sorte que le magasin est inondé. Un abri voisin du magasin permet de se réfugier; il doit résister à l'action des bombes.

Le *transport* doit être fait dans des conditions particulières. S'il est fait par eau, les matières en question doivent être arrimées dans des compartiments spéciaux et recouvertes d'une couche de sable humide de 0 m. 20 d'épaisseur et éloignées de tout feu.

Si le transport est effectué par chemin de fer, il y a des prescriptions différentes suivant la nature de l'explosif et selon qu'il est muni ou non de son étoupille de mise de feu. En général les précautions consistent en une double enveloppe de la caisse renfermant les produits suspects, et en un plancher imperméable du wagon où ils sont placés. La charge maxima de ces wagons est de 5 000 kilogr., et ils devront être marqués d'inscriptions très visibles indiquant leur contenu.

Dans l'*usage* des explosifs on évitera d'employer des cartouches gelées totalement ou en partie, de bourrer par chocs les trous de mine, de chercher à débourrer une mine qui aurait raté, ou même d'y revenir avant d'avoir attendu une heure au moins.

Il ne faut pas faire détoner une cartouche de dynamite par l'introduction de poudre ordinaire dans les trous de mine; cela peut provoquer des explosions incomplètes.

2° Emploi des gaz liquéfiés ou comprimés. — Les gaz liquéfiés livrés par l'industrie sont : l'acide carbonique, le protoxyde d'azote, l'ammoniaque, l'acide sulfureux, le chlore, l'acétylène, le chlorure de carbonyle.

Les gaz comprimés fortement et rendus en cylindres résistants sont : l'oxygène, l'hydrogène et le gaz d'éclairage.

En plus des précautions de transport analogues aux précédentes, il convient d'insister sur la nécessité de ne pas emplir de trop les récipients qui doivent être capables de résister à une pression double de celle à laquelle ils seront soumis, qui doivent être construits en acier doux *sans soudure*. Les pesées destinées à renseigner sur l'emplissage des bouteilles d'acier seront faites par la méthode de la double pesée.

Les épreuves d'essai des bouteilles seront faites avec le plus grand soin et la charge d'épreuve ne dépassera pas 175 kilogr. par centimètre carré; actuellement on exige 250 kilogr. Enfin, les récipients remplis ne seront pas exposés au soleil ni à l'action d'une source de chaleur.

Dans les fabriques d'eaux gazeuses, les ouvriers porteront des masques et des gantelets les préservant des éclats de verre des bouteilles de mauvaise résistance.

Les pressions à supporter sont de 100 kilogr. pour AzM^3, de 50 kilogr. pour Cl, de 90 kilogr. pour $COCl^2$, pour SO^2.

Pour SO^2, le récipient peut être en cuivre.

3° Générateurs a vapeur. — Sauf le cas de mauvaise construction et celui de négligence du personnel ce sont les incrustations et les corrosions qui amènent les explosions.

Nous renvoyons donc le lecteur aux livres

traitant de la purification des eaux destinées aux chaudières à vapeur.

4° Mélanges détonants. — On a à craindre les mélanges détonants d'hydrogène et d'air dans la *fabrication* du chlorure de zinc et du sulfate de fer, dans l'*électrolyse* de certaines solutions salines, dans le *décapage* des tôles et dans les *salles d'accumulateurs*.

Il faut donc ventiler, ne pas tolérer de feu dans les ateliers ou, pour le cas des électrolyses, absorber l'hydrogène par l'oxyde de cuivre.

La vapeur du sulfure de carbone avec l'air détone comme l'hydrogène. On le conserve sous une couche d'eau dont l'épaisseur atteint 2 m. dans l'usine de MM. Deiss et Odet.

Le gaz d'éclairage comme le grisou peut provoquer des explosions. Il faut surveiller les fuites des conduites et ventiler continuellement les salles où se trouvent des moteurs à gaz.

L'acétylène offre d'autant moins de chances de danger qu'il est plus pur, parce qu'il ne forme pas avec les métaux des acétylures explosibles, mais il détone avec l'air au contact d'une flamme, donc il faut prendre les mêmes précautions que pour le gaz : ventilation énergique, éloignement de tout corps en ignition.

Il est important de contrôler l'aérage des mines. Cela se fait par des procédés indiqués par MM. Le Chatelier et Vicaire.

5° Explosions des gaz dans les hauts fourneaux. — Si l'eau destinée à refroidir une tuyère pénètre par une fissure dans la tuyère elle est entraînée dans le fourneau, y développé une masse énorme de vapeur et, si le gueulard est fermé, les gaz sont refoulés dans la tuyère et font éclater la machine soufflante. D'autres causes peuvent produire les mêmes effets (accident de la Pensylvanie, en 1876, qui s'étendit à 20 kilom. et fut une véritable calamité).

Acheson recommande d'avoir des ouvriers capables de voir si de la vapeur d'eau est introduite dans le fourneau, d'établir des registres en avant du point où les tubulures conduisent le vent aux tuyères, et de ne fermer le gueulard que lorsque les tuyères recommencent à souffler.

Travaux dans les milieux délétères. Manière d'éviter l'asphyxie. — L'asphyxie se produit par l'acide carbonique et le chlore, et elle est accompagnée de l'empoisonnement lorsque le gaz respiré est l'oxyde de carbone ou l'hydrogène sulfuré.

L'*acide carbonique* se produit surtout dans trois cas qui sont : les fermentations dans les brasseries, les décompositions de matières organiques au fond des puits et le dégagement d'acide carbonique à la partie supérieure des fours à chaux. Dans le premier cas on aérera les salles où se trouvent les cuves; dans le second, on attachera les puisatiers par une ceinture reliée à une corde, de manière à les retirer à temps, lorsqu'ils commencent à se sentir asphyxiés; dans le troisième cas, on défendra aux ouvriers de se tenir, pour se reposer, à la partie supérieure du four.

Le *chlore* est respiré surtout par les hommes qui enlèvent le chlorure de chaux des chambres où on l'a préparé. On a relié ces chambres par un registre à la grande cheminée de l'usine, mais le mieux est d'avoir une ouverture de défournement sur le sol des chambres.

Il est toujours bon de ventiler au niveau du sol et d'asperger le sol d'eau ammoniacale dans les ateliers où les fuites d'appareils générateurs de chlore peuvent se produire.

L'*oxyde de carbone* inodore et très toxique à la dose de $\frac{1}{100}$ à $\frac{2}{100}$ se produit dans les usines métallurgiques à la *partie supérieure* des *hauts fourneaux* et dans les industries où l'on pratique le *séchage d'objets* par l'action de petits foyers de charbon de bois brûlant à l'air libre. La ventilation énergique et le transport rapide des hommes asphyxiés hors de la pièce méphitisée doivent être sérieusement prévus et pratiqués.

L'*hydrogène sulfuré* est un poison violent et rapide. Les ouvriers tombent d'une masse, c'est le *plomb*.

Il faut ajouter du sulfate de fer ou de zinc ou du chlorure de zinc dans les cuves suspectes de dégager ce gaz, en y adjoignant de la chaux lorsque l'acide carbonique l'accompagne (gazomètres). On remplace ces substances par les bioxydes de manganèse ou de plomb dans le nettoyage des chaudières.

Les ceintures de sûreté sont recommandées aux ouvriers qui nettoient les conduites d'eaux sulfureuses.

L'*hydrogène arsénié* accompagne souvent l'hydrogène impur destiné aux aérostats; on l'absorbe par le sulfate d'argent.

L'*ammoniaque* toxique à la dose de 10 p. 100 environ est enlevé rapidement par l'action de l'eau envoyée par une lance d'incendie de gros calibre.

Lorsque les matières sont trop délétères et qu'il est nécessaire de pénétrer dans le milieu où elles se produisent, on munit les travailleurs d'appareils respirateurs de modèles divers : Stenhouse, Tyndall, Layet, Simmelbauer, Stalz, etc., dont la description nous entraînerait trop loin. Qu'il nous suffise de les signaler.

Premiers soins à donner en cas d'accidents. — Il faut avoir une boîte de secours renfermant : du *linge* à pansement, de l'*ouate* hydrophile, de la *gaze stérilisée* ; des *solutions* d'acide phénique à $\frac{1}{100}$, de sublimé à $\frac{1}{1000}$, d'acide borique à $\frac{3}{100}$, d'acide picrique à $\frac{1}{100}$; un matériel permettant d'arrêter provisoirement une hémorragie ; un brancard pour transporter un blessé.

Pour les plaies, on arrête d'abord l'hémorragie par compression des artères de l'aisselle si la plaie est au bras, de l'aine si la plaie est à la jambe, de la partie antéro-latérale du cou si la plaie est à la tête ; puis il faut *laver* pour enlever les corps étrangers par le choc seul de l'eau antiseptique ; enfin, refermer le mieux possible la plaie, la couvrir de gaze stérilisée, de taffetas gommé, et mettre un bandage peu serré pour immobiliser la plaie.

Dans le cas de blessure envenimée, il faut interrompre le trajet des vaisseaux entre la plaie et le cœur par un lien élastique (tube de caoutchouc ou bretelle).

En cas de *contusion*, une compresse d'eau-de-vie camphrée et l'élévation du membre sont les premiers soins à prendre.

Pour les *fractures*, les choses sont plus compliquées. Disons seulement que l'on reconnaît la fracture à la douleur que provoque le déplacement du membre, au changement de forme de ce membre et à la crépitation difficile à percevoir pour des personnes peu exercées à soigner des blessés. On cherchera, dans tous les cas, à ramener le membre dans sa position ordinaire doucement en le tirant légèrement dans le sens de sa longueur. Si l'os fait saillie en dehors des chairs, on en lavera l'extrémité visible et la plaie produite par son passage avec une eau antiseptique, puis on le fera rentrer dans les chairs par une traction pratiquée avec soin. Dans tous les cas, lorsque l'on aura remis le membre dans sa situation à peu près normale, on l'entourera de planchettes qu'on attachera ensemble pour le maintenir dans l'immobilité.

Pour les *entorses* on pose des compresses mouillées et froides et on prescrit l'immobilité. On appelle le médecin si l'inflammation prend un développement suspect.

Pour la *luxation* il faut l'aide d'un chirurgien ; en l'attendant, on applique le même traitement que pour l'entorse.

Souvent des corps étrangers se trouvent pénétrer dans les yeux, les fosses nasales, les oreilles, la bouche, le larynx. On comprend que les soins à donner sont alors très variables avec le lieu et la nature de l'accident.

Dans les cas de *foudroiement* par contact avec des conducteurs électriques il faut, après avoir séparé la victime du conducteur, ce qui doit se faire avec beaucoup de circonspection (voir *Bulletin n° 11 de l'Association des Industriels de France contre les accidents*), pratiquer la traction rythmée de langue et la respiration artificielle, même si la victime présente les apparences de la mort.

Les brûlures faites par le feu doivent être traitées d'abord par l'extinction du feu au moyen d'une couverture dont on entoure le corps de la personne brûlée, puis par l'eau froide dont on inonde la partie brûlée. On lave ensuite les brûlures à l'eau boriquée, on vide les ampoules par des piqûres d'épingle sans enlever l'épiderme soulevé et on fait un pansement à la gaze stérilisée imbibée de la solution d'acide picrique. On renouvelle le pansement tous les trois jours.

On réchauffe le malade que l'on a aspergé d'eau froide par des couvertures chaudes et en lui faisant prendre un grog.

Si la brûlure a été faite par les acides on fera de même, seulement on lavera la plaie avec une solution de carbonate de soude à 10 gr. par litre avant de faire le pansement à l'acide picrique.

Pour les brûlures par les alcalis on fera les lavages avec de l'eau vinaigrée, 1 gr. de vinaigre pour 3 gr. d'eau.

Si l'accident consiste en projection de chaux vive dans l'œil, on fera les lavages avec de l'huile de table, puis avec de l'eau sucrée qui calmera la douleur.

Je terminerai en insistant sur certaines précautions bonnes à connaître dans les cas d'asphyxie. Outre l'aération et la neutralisation chimique du gaz quand elle est possible, on peut, avant de pénétrer dans la pièce suspecte, y introduire un animal (poulet, lapin) et le laisser

3 ou 4 minutes afin de voir si l'on peut s'y risquer. On évitera d'introduire dans le local méphitisé une bougie qui peut provoquer des explosions. Un sachet de chlorure de calcium placé devant la bouche de l'ouvrier qui descend dans une fosse où se produisent des émanations sulfhydriques est avantageux. On lave l'asphyxié avec une solution de sulfate de fer ou de cuivre, on favorise les vomissements par le chatouillement de l'arrière-gorge, puis on fait les tractions rythmées de la langue et la respiration artificielle. Des inhalations d'oxygène, des piqûres d'éther, des sinapismes compléteront ce traitement si le malade reste en syncope mais respire encore. Puis on réchauffe le malade après l'avoir séché. Dans l'asphyxie causée par l'éboulement, les soins sont les mêmes, les précautions spéciales sont seulement relatives à l'extraction très prudente de la victime.

C. CHABRIÉ,
chargé de cours à la Sorbonne.

TECHNOLOGIE

L'ALUMINOTHERMIE.

On désigne sous le nom d'*aluminothermie* certaines applications où l'aluminium, jouant le double rôle de combustible et d'agent réducteur, sert à produire des températures élevées et à préparer des métaux.

L'aluminothermie repose sur une réaction chimique extrêmement simple, l'union de l'oxygène et de l'aluminium, c'est-à-dire de deux éléments dont les combinaisons sont largement répandues à la surface de la terre. Au moment où cette union s'effectue, il se produit une température élevée, *intermédiaire* entre les températures fournies par le *chalumeau oxydrique* et le *four électrique*.

L'oxygène n'est pas utilisé à l'état libre sous la forme gazeuse, mais il est emprunté à ses combinaisons solides, les oxydes métalliques, de préférence l'oxyde de fer, substance de peu de valeur.

Le mélange d'aluminium en poudre et d'oxyde de fer éprouve une modification chimique en vertu de laquelle l'oxygène d'abord combiné au fer s'unit avec l'aluminium, en même temps que le fer est mis en liberté. Le mélange d'aluminium et d'oxyde de fer se transforme donc en un mélange de fer et d'alumine, ou corindon, l'oxyde d'aluminium. Comme on le voit, il se produit ici une réaction chimique d'une simplicité telle qu'elle peut faire l'objet d'une première leçon de chimie.

Comment provoquer régulièrement cette transformation?

Le mélange d'aluminium et d'oxyde de fer, auquel on donne le nom de *thermite*, projeté dans un foyer ordinaire ne s'enflamme point; il ne réagit pas davantage quand on le remue avec une tige de fer incandescente. Ces particularités expliquent que les propriétés réductrices de l'aluminium aient été si longtemps méconnues.

Ce n'est guère, en effet, que dans ces dix dernières années que le rôle chimique de l'aluminium a été bien précisé. En 1896, M. *Moissan*, qui cherchait à isoler le vanadium de l'acide vanadique, parvint à démontrer qu'un mélange de poudre d'aluminium et d'acide vanadique, projeté à la surface d'un bain d'aluminium en fusion, s'enflammait et produisait une réaction très vive avec mise en liberté du vanadium qui s'unissait à l'aluminium en excès. Il obtint ainsi un alliage d'aluminium et de vanadium. M. Moissan prépara dans les mêmes conditions des alliages d'aluminium avec le nickel, le molybdène, le tungstène, l'uranium, le titane, le chrome, généralisant ainsi quelques faits isolés antérieurs et démontrant pour la première fois l'*universalité des propriétés réductrices de l'aluminium*.

Vers la même époque, M. Goldschmidt remarqua qu'il n'est pas nécessaire de chauffer tout le mélange d'oxyde et de poudre d'aluminium à la température d'inflammation, mais qu'il suffit de provoquer artificiellement cette inflammation en un seul point pour que la réaction se propage dans la masse entière. Il n'est donc plus nécessaire d'opérer dans un fourneau. La possibilité de conduire l'opération à l'intérieur d'un vase, sans addition de chaleur extérieure, rend la méthode particulièrement facile à mettre en pratique. Quand la décomposition se produit brusquement dans un mélange surchauffé, la plupart du temps les vases ne résistent pas à la

violence de la réaction; en outre, ce qui est plus grave, on ne peut trouver pour la fabrication des creusets aucune substance susceptible de résister à l'action simultanée du feu extérieur et de la chaleur intérieure. Au contraire, grâce à

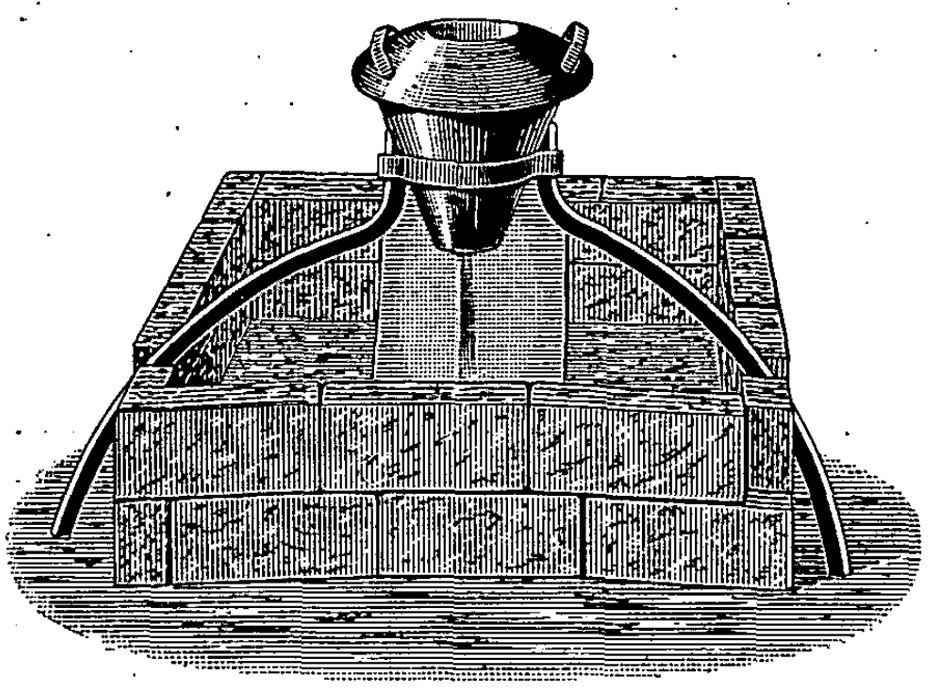


FIG. 1. — PLAQUE DE FER PERCÉE PAR UN FILET DE FER THERMITE.

l'artifice de M. Goldschmidt, les parois extérieures du creuset restent froides pendant la réaction, et ne s'échauffent que provisoirement par conductibilité alors que la substitution métallique est déjà terminée. On régularise ici la réaction en même temps qu'on économise du combustible.

On amorce la transformation en déposant à la surface du thermite une petite quantité d'un mélange d'aluminium et de bioxyde de baryum, qui s'enflamme facilement et provoque la réaction de toute la masse.

L'opération doit être faite dans un vase en *magnésie*, le seul oxyde irréductible par l'aluminium.

Par suite de l'énorme quantité de chaleur dégagée dans la transformation chimique, le fer et l'alumine sont portés au-dessus de leur température de fusion, ils se superposent alors suivant l'ordre de leurs densités et, quand la masse est refroidie, on trouve dans le creuset un culot en fer au-dessous d'une masse de corindon trois fois plus volumineuse.

Il est facile de mettre en évidence la haute température du mélange thermite après la réaction. Un filet de fer thermite qui coule sur une tôle de 25 mm. d'épaisseur la perce immédiatement et forme un trou à bords vifs, tandis que la plaque elle-même, par suite de la rapidité de l'opération, n'a pas le temps de s'échauffer (fig. 1).

Le thermite constitue donc un mélange précieux pour accumuler rapidement dans un petit volume des quantités de chaleur considérables.

M. Goldschmidt utilise cette chaleur et le fer produits pour la soudure des tubes, la réparation des pièces usées ou défectueuses en fer ou acier, et l'amélioration des fontes.

Soudure des tubes. — Pour appliquer la chaleur emmagasinée par le thermite à la soudure de deux tubes de fer ou d'acier, il faut verser autour du joint dans un moule approprié une quantité convenable du mélange chaud afin de porter les tubes au blanc soudant. Une dose trop élevée fondrait les tubes, une dose trop faible produirait un échauffement insuffisant. De plus, la masselotte de corindon et fer solidifiée autour du joint doit pouvoir se détacher facilement et ne pas faire corps avec le métal des tubes. Enfin, pour que les surfaces à souder se mêlent et s'unissent intimement il est nécessaire de produire un travail de forgeage approprié.

L'alumine liquide possède la propriété de mouiller les parois froides du tube et de se solidifier aussitôt à leur contact en formant un enduit solide qui séparera ces parois du corindon et du fer liquides continuant à s'écouler. Grâce à cet enduit, il sera facile après refroidissement de séparer la masselotte solidifiée autour du joint.

Le travail de forgeage peut être effectué simplement : les deux tubes placés l'un contre l'autre sont maintenus dans cette position à l'aide d'un appareil de serrage dont toutes les parties sont en dehors du moule. Quand les tubes sont fortement chauffés par le thermite incandescent, ils tendent à s'allonger, mais

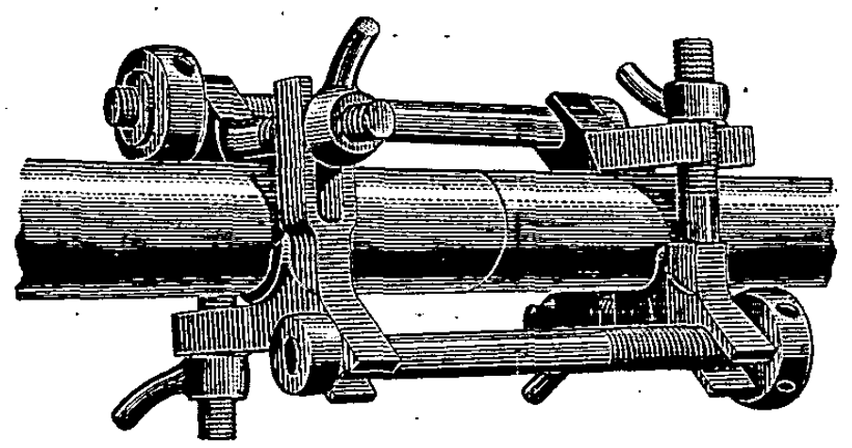


FIG. 2. — TUBES A SOUDER MAINTENUS EN PLACE A L'AIDE DE L'APPAREIL DE SERRAGE.

l'appareil de serrage resté froid, dont la longueur n'a, par conséquent, pas varié, s'oppose à la dilatation et produit la pression nécessaire pour le soudage. Le travail de forgeage se fait donc automatiquement. On augmente d'ailleurs

cette pression en agissant légèrement, au moment opportun, sur les écrous des boulons de l'appareil de serrage.

Il est facile de comprendre tous les avantages d'un semblable procédé :

1° La quantité de chaleur nécessaire à la soudure peut être mesurée exactement, pesée en quelque sorte sous forme de thermite et appropriée à chaque dimension de tube; dans les autres procédés, la quantité de chaleur à fournir à la pièce est déterminée uniquement par l'œil exercé du soudeur. La soudure aluminothermique sera donc d'une application plus commode.

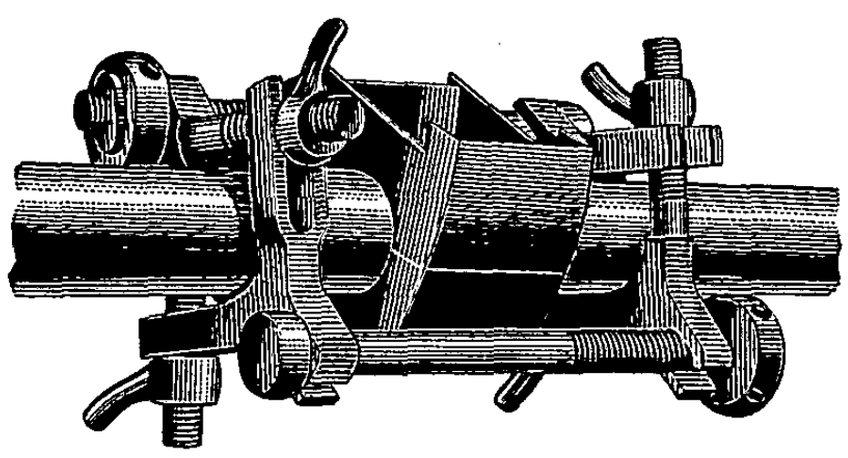


FIG. 3. — SOUDURE DE TUBES. APPAREIL DE SERRAGE ET MOULE.

2° Grâce à la haute température du mélange calorifique, il suffit de couler autour du tube une masselotte de faible volume, de sorte qu'il n'est plus nécessaire de disposer d'un espace bien grand autour des parties à joindre.

3° La soudure se faisant à l'abri de l'air, la surface de la partie chauffée reste complètement inaltérée sous la couche protectrice de corindon et ne peut subir l'influence de l'oxygène. Les parties soudées, noyées dans la masse de corindon et de fer solidifiés, ont en outre l'avantage de se refroidir lentement.

4° Enfin, et c'est là sans doute le plus important des avantages, alors que les procédés de soudure électrique, oxhydrique, etc., exigent des appareils volumineux, le procédé Goldschmidt se fait remarquer par la simplicité de son matériel. Il suffit d'avoir à sa disposition un creuset,

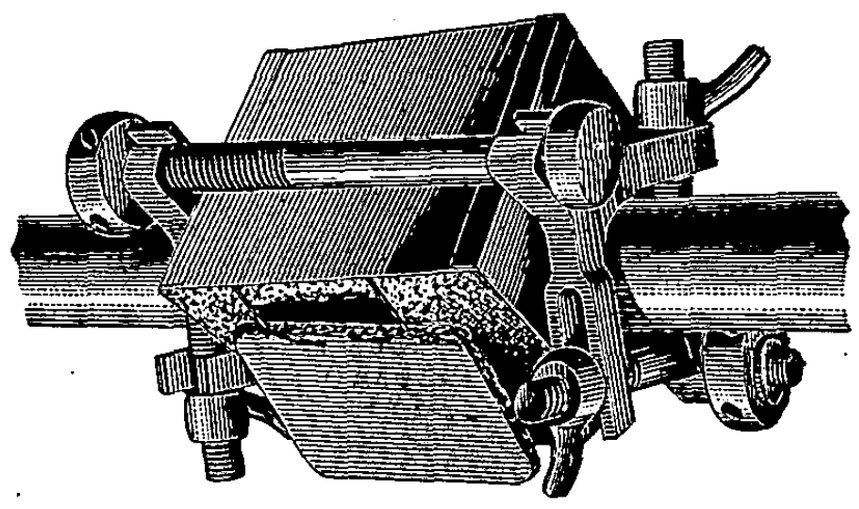


FIG. 4. — SOUDURE DE TUBES. APPAREIL DE SERRAGE, MOULE AVEC SON ENVELOPPE DE SABLE.

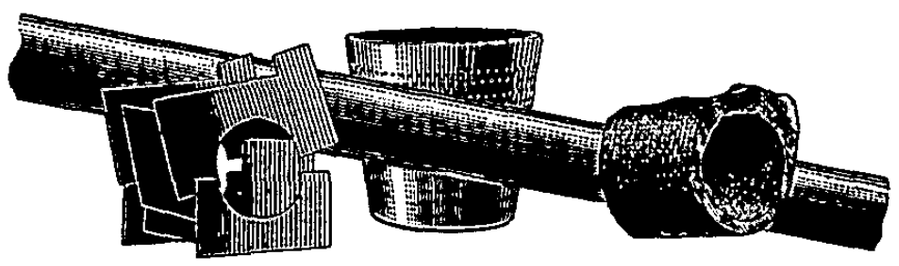


FIG. 5. — TUBES SOUDÉS. CREUSET, MOULES, MASSELOTTE DÉTACHÉE.

un moule, un appareil de serrage et le mélange réagissant pour pouvoir faire des soudures. La légèreté et la mobilité de ce matériel rudimentaire permettent de faire des soudures en dehors de l'usine et dans l'endroit même où sont les pièces à souder.

On conçoit facilement le mode opératoire. Les surfaces à souder, bien nettoyées, sont maintenues dans une coïncidence parfaite au moyen de l'appareil de serrage (fig. 2). On adapte autour du joint un moule en plaque de tôle (fig. 3) noyé dans du sable fin, maintenu lui-même dans une boîte en tôle (fig. 4).

La quantité de thermite nécessaire (1 kg. 100 pour des tubes de 59 mm. de diamètre avec une épaisseur de parois de 4 mm.) est placée dans un creuset, enflammée par le procédé ordinaire et la matière liquide versée rapidement dans le moule (fig. 4).

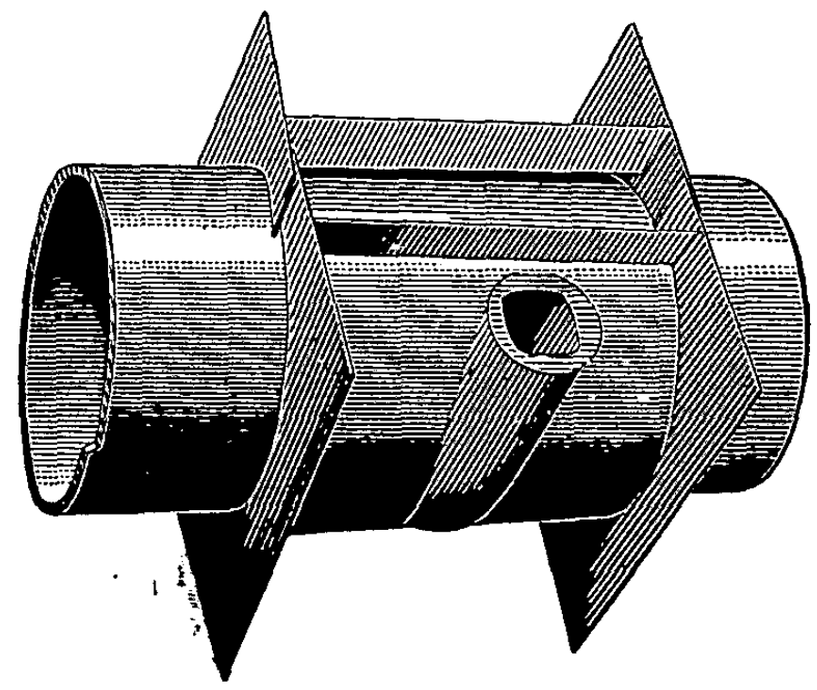


FIG. 6. — DISPOSITION DU MOULE POUR LES TUBES DE GROS DIAMÈTRE.

Lorsque le diamètre des tubes dépasse 12 à 13 cm., le moule doit être formé par une enveloppe complète afin de répartir la chaleur plus uniformément (fig. 6).

Quand les tubes sont verticaux, le moule a la forme d'un cylindre concentrique aux tubes avec une petite rigole latérale pour la coulée.

La soudure aluminothermique paraît donner de bons résultats. Des essais à la traction, au

choc, à la flexion (fig. 7) montrent que les parties jointes ne forment pas une zone de moindre résistance quand la soudure a été bien faite.

Le peu de place nécessaire pour l'opération rend la soudure Goldschmidt importante pour la fabrication et la réparation des serpentins. Après la courbure des tubes, il se présente quelquefois des défauts qui enlèveraient toute valeur à la pièce si on ne pouvait les corriger d'une façon simple et rapide; il suffit de couper la partie défectueuse et de la remplacer.

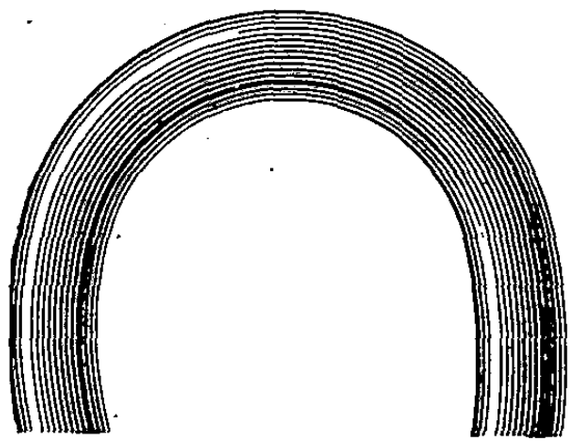


FIG. 7. — TUBE SOUDÉ SOUMIS A DES ESSAIS DE FLEXION.

Le nombre des joints faits en 1902 a dépassé le nombre de 30 000.

Brasage du fer. — Le fer aluminothermique est forgeable et malléable, il se rapproche beaucoup par sa composition des fers suédois provenant de fontes au bois. On conçoit facilement qu'un semblable métal préparé instantanément en quantité aussi grande que l'on veut, et à une température voisine de 3 000°, soit susceptible de recevoir de nombreuses applications. Coulé sur une pièce de fer, de fonte ou d'acier, il ramollit ou même fond les parties en contact avec lui et, après refroidissement, une soudure intime de ce fer avec la pièce mère se trouve ainsi réalisée. Il est donc possible, avec un matériel peu compliqué, d'effectuer partout la soudure de fer sur fer comme on réalise la soudure de plomb sur plomb.

On opère à l'aide du creuset automatique (fig. 1) qui permet d'isoler facilement le fer. Ce creuset est formé par un entonnoir conique en tôle doublé intérieurement par un revêtement en magnésie. Au sommet du cône, par conséquent à la base du creuset, se trouve percée dans une brique de magnésie une ouverture d'écoulement mesurant au maximum 10 à 15 mm. de diamètre. La réaction terminée, on ouvre ce trou de coulée, le fer plus lourd s'écoule d'abord, arrive dans le moule au contact des parties à souder, puis le corindon, coulant à son tour, maintient le tout à haute température et empêche un refroidissement trop rapide. Le trou de coulée, bouché préalablement par un disque d'amiante, est ouvert au moment propice à l'aide d'un dispositif à levier.

Le fer au thermite est particulièrement précieux pour la réparation de pièces défectueuses, cassées ou usées; à ce point de vue il a déjà reçu de nombreuses applications. Ce fer présente une résistance moyenne de 38 kg. 7 par mm²; on peut améliorer ses qualités en lui incorporant un peu de silicium ou de manganèse. Une addition de 3 à 5 gr. de ferrosilicium ou mieux de silicospiegel suffit pour 1 kg. de thermite. On peut aussi transformer le fer en acier par une addition convenable de fonte et obtenir à la sortie du creuset automatique un acier ayant exactement la même composition que celui de la pièce à réparer. La fonte concassée en morceaux de la grosseur d'une noisette est projetée pendant la réaction dans le creuset, ou mieux encore ajoutée à l'état liquide, ce qui permet d'en augmenter la dose sans enlever au métal ses propriétés soudantes.

Le fer aluminothermique permet de souder économiquement des barres massives. On coule simplement le fer dans un intervalle de 10 à 15 mm. ménagé entre les deux surfaces à souder et on organise le moule pour que le fer coulé déborde de 10 à 20 mm. sur les barres. Cette partie saillante, que l'on fait disparaître ensuite, est indispensable pour rendre la soudure bien homogène.

Quand la présence d'un anneau métallique ne présente aucun inconvénient, on peut aussi couler un anneau de fer autour de deux barres pressées l'une contre l'autre. Cette soudure annulaire est appliquée pour relier entre eux les arbres de transmission ou les réparer après rupture.

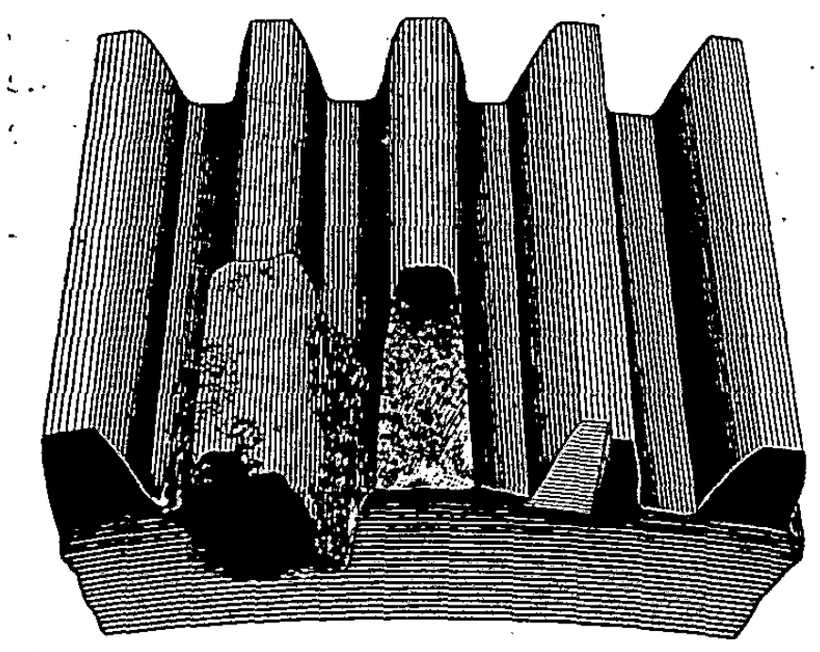


FIG. 8. — FRAGMENT D'UNE ROUE DENTÉE. UNE DENT CASSÉE, UNE DENT SOUDÉE PAR LE FER THERMITE, UNE DENT COMPLÈTEMENT RÉPARÉE.

La figure 8 représente un fragment d'une

roue dentée dont trois dents voisines ont été cassées. La dent du milieu n'est pas réparée, elle montre l'état des trois dents avant la fracture; celle de gauche a été complétée par une coulée de fer dans un moule approprié; enfin celle de droite a été travaillée de façon à reconstituer le profil primitif.

Soudure de rails. — M. Goldschmidt applique le thermite à la soudure des rails. Le patin du rail et la tige sont recouverts d'un bourrelet en fer intimement soudé, tandis que la partie supérieure, l'ornière, est soudée par l'enveloppe de corindon qui la recouvre au moment de la coulée. La soudure, d'une application fort simple (fig. 9), donne d'excellents résultats. La section d'un rail soudé, polie et attaquée aux acides, montre nettement l'incorporation intime du fer coulé avec les parties primitives. Des essais à la presse hydraulique, pratiqués par les ingénieurs de diverses sociétés de tramways, ont montré, dans tous les cas, la solidité de semblables joints.

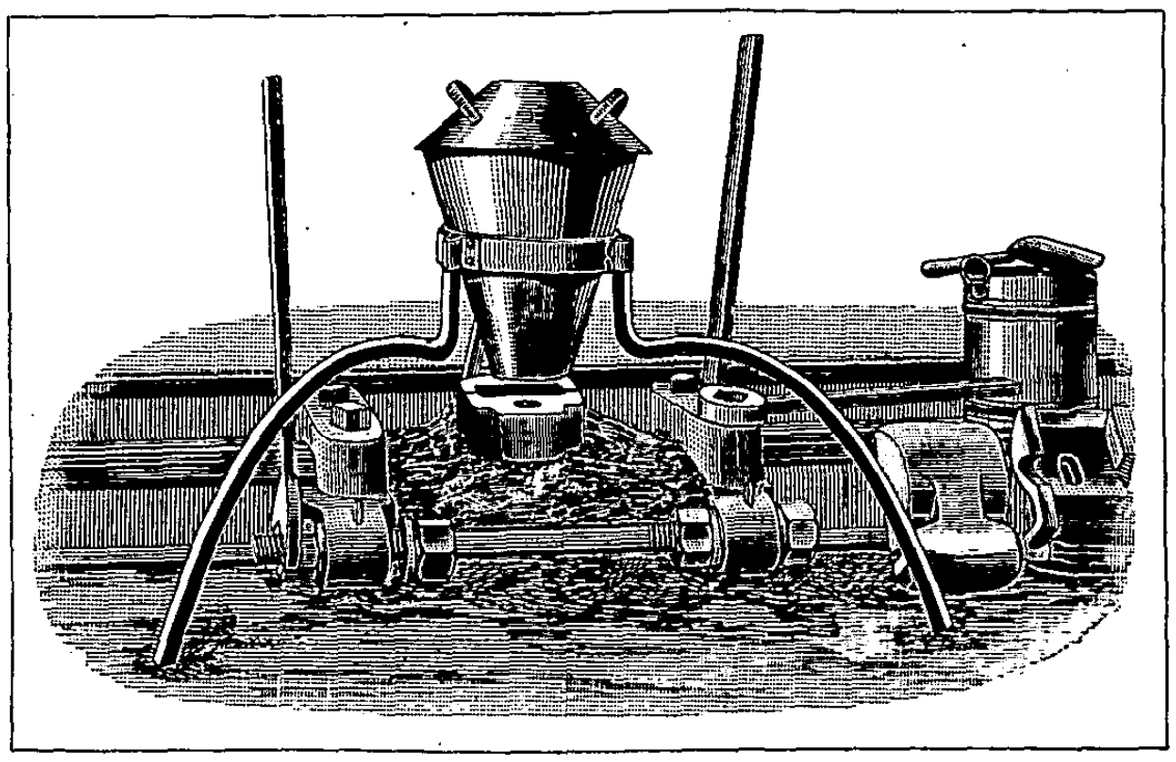


FIG. 9. — SOUDURE DE RAILS EN PLEINE VOIE D'APRÈS LE PROCÉDÉ AUTOMATIQUE. TOUS LES OUTILS NÉCESSAIRES POUR LE TRAVAIL SONT REPRÉSENTÉS DANS LA FIGURE.

La soudure des rails revient pratiquement à l'emploi de rails continus sans joints d'aucune nature. Elle présente des avantages considérables sur les éclissages ordinaires. Le pavage de la voie, qui n'est plus gêné par les parties saillantes des éclisses, devient ainsi uniforme et par suite plus commode à réaliser. Le roulement régulier des wagons sur ces rubans d'acier sans solution de continuité supprime complètement les oscillations des voitures, au grand avantage non seulement des voyageurs, mais surtout des compagnies, qui voient leur matériel roulant et la voie s'user beaucoup moins rapidement.

Les avantages de la substitution de la soudure à l'éclissage apparaissent encore plus nettement dans l'exploitation des chemins de fer ou tramways électriques, avec utilisation du rail comme fil de retour du courant; on comprend la nécessité d'avoir une ligne de retour aussi conductrice que possible quand on examine les nombreux systèmes proposés pour réunir électriquement chaque rail au suivant. Les liaisons en cuivre, les plus employées jusqu'ici, ne résolvent le problème que d'une façon momentanée. Le cuivre et le fer forment dans le sol un couple électrique qui facilite l'attaque du fer; la soudure fer et cuivre se désagrège progressivement et présente une résistance électrique de plus en plus grande. Quand la résistance de la ligne augmente, le courant cherche une autre voie et trouve généralement un chemin de moindre résistance dans les conduites d'eau et de gaz de la ville. Il en résulte une différence de potentiel souvent de plusieurs volts entre les rails et les conduites et par suite des phénomènes d'électrolyse qui exercent une action destructive permanente sur le réseau des tubes.

Les premières soudures faites en France à Rouen, à l'automne de 1901, ont donné pleine satisfaction au directeur des tramways de cette ville; 196 joints ont été faits depuis au Havre et à Marseille. A Paris, tous les rails de l'avenue de la République sont réunis par la soudure Goldschmidt.

Dans le courant de l'année 1902, 2 500 joints ont été faits par le procédé aluminothermique dans différentes villes d'Europe.

Soudure des tourillons de laminoirs. — Le fer thermite peut servir d'une façon commode et économique comme intermédiaire pour la soudure de deux des trois substances fer, fonte et acier. Son rôle consiste uniquement à ramollir

la surface à souder sur laquelle s'effectue ensuite la coulée du fer, de l'acier ou de la fonte.

Ce mode spécial d'utilisation du thermite est aujourd'hui d'un usage courant dans certaines usines d'Allemagne pour la soudure de tourillons cassés de cylindres de laminoirs. Il évite le réchauffement préalable des pièces à souder et diminue dans de fortes proportions la quantité de fonte à employer.

On peut couler soit de la fonte, soit de l'acier, et comme les résultats sont indépendants de la nature du cylindre, on voit aussi qu'il est possible de souder un tourillon en acier sur un cylindre de fonte ou inversement un tourillon de fonte sur un cylindre d'acier. Les laminoirs qui ne sont pas toujours installés pour produire facilement de la fonte liquide pourront réparer eux-mêmes leurs cylindres cassés en employant de l'acier au thermite, sans être dans l'obligation de recourir à l'aide d'une usine métallurgique plus ou moins éloignée.

Amélioration de la fonte par l'emploi du titane thermite. — M. Rossi a montré récemment, en Amérique, que l'introduction de petites quantités de titane dans la fonte en améliorait notablement la qualité. M. Goldschmidt réalise simplement cette introduction et dans des conditions qui fournissent un produit particulièrement homogène. A l'extrémité d'une longue tige de fer on fixe solidement une boîte en fer-blanc contenant un mélange d'aluminium, d'oxyde ferrique et d'acide titanique, on introduit cette boîte au fond du bain de fonte et on la maintient immobile; la température du bain amorce aussitôt la réaction à l'intérieur de la boîte et le mélange brûle rapidement en s'incorporant au métal de la poche. Par suite de la grande quantité de chaleur dégagée au point de la réaction et des différences de densité qui en résultent, il se produit un véritable bouillonnement qui amène toutes les parties liquides en contact avec le fer et le titane, de manière à produire un mélange parfaitement intime qu'aucun moyen mécanique ne saurait réaliser.

La fonte ainsi améliorée présente une texture beaucoup plus fine et devient moins cassante.

Emploi du thermite dans la coulée de lingots et de pièces en acier moulé. — M. Goldschmidt s'est proposé de retarder la solidification de lingots d'acier et de diminuer par suite le retrait qui rend souvent inutilisable le tiers de ces masses d'acier. Pour cela il élève la température supérieure du lingot à l'aide d'une réaction aluminothermique. Au moment où l'on approche de la solidification du sommet, on introduit rapidement dans l'acier, à une profondeur variable suivant les dimensions du lingot, une boîte de thermite fixée à une tige de fer. Par suite de la chaleur dégagée, une partie de l'acier déjà solidifié devient tout à fait liquide et remplit complètement les vides, ce qui se traduit à la surface du métal par la formation d'un entonnoir que l'on remplit aussitôt avec de l'acier en fusion. La même opération, surtout pour les gros lingots, peut être répétée plusieurs fois.

Le même inconvénient se produit naturellement dans la fabrication de pièces en acier moulé. Le retassement est d'autant plus considérable que le métal utilisé est plus pur et plus chaud. On lutte contre cette difficulté à l'aide de masselottes ménagées au-dessus des diverses parties du moule et chargées de nourrir ces dernières parties en restant liquides le plus longtemps possible.

Mais il arrive souvent que ces masselottes de réserve ne remplissent qu'imparfaitement leur rôle par suite d'une solidification trop rapide; on conçoit encore que l'introduction préalable d'une boîte de thermite dans un endroit convenable du moule permettra de réchauffer l'acier et d'éviter la formation de vides qui rendraient la pièce moulée sans valeur.

Préparation de métaux et d'alliages. — Si l'on remplace dans le thermite l'oxyde de fer par un autre oxyde, on obtiendra le métal correspondant : il sera même possible d'obtenir des alliages en faisant agir l'aluminium sur un mélange d'oxydes. M. Goldschmidt prépare ainsi commodément du chrome, du manganèse, du ferrotitane, du ferrobore et du manganbore qui interviennent aujourd'hui dans la fabrication d'aciers ou de bronzes spéciaux.

Le chrome pur exempt de carbone présente un avantage sérieux pour la fabrication des aciers chromés. Jusqu'au jour où M. Moissan parvint à préparer du chrome pur au four électrique, les métallurgistes ne disposaient que de ferrochromes dosant au maximum 65 p. 100 de

chrome et 8 à 12 p. 100 de carbone; ils se trouvaient limités dans l'addition de chrome à leurs aciers par la nécessité de ne pas dépasser une certaine dose de carbone; au contraire, avec le chrome préparé par l'aluminium, la teneur totale en carbone n'est pas modifiée par l'incorporation du chrome. Ce chrome se vend aujourd'hui 7 fr. 50 le kilogramme.

Le manganèse, préparé dans les mêmes conditions, s'allie facilement au cuivre, à l'étain, au zinc; les alliages de cuivre riches en manganèse servent comme intermédiaires pour la préparation d'alliages utilisés dans la pratique. L'alliage à 5 p. 100 de manganèse est résistant, il se laisse facilement étirer et forger. Ce même manganèse trouve emploi comme agent de désoxydation au moment de la coulée des métaux, concurremment avec l'aluminium et le magnésium. Il coûte 6 fr. 50 le kilogramme.

Comme produit secondaire de la préparation de ces métaux, on obtient une alumine fondue qui présente une dureté remarquable. L'expérience a démontré que ce corindon artificiel était plus dur que le corindon naturel et constituait, par conséquent, une matière précieuse pour la fabrication de meules à aiguiser. Ces meules présentent un grand pouvoir d'affilage en même temps qu'une forte résistance à l'usure.

Conclusion. — Les procédés aluminothermiques se sont assez vite répandus en Allemagne et en Russie; en Autriche, les chemins de fer de l'État les ont introduits dans leurs ateliers de construction; ils sont appliqués en ce moment au Transvaal à la réparation des machines des mines et des usines du Rand, déteriorées pendant la guerre anglo-boer. Ils paraissent se répandre beaucoup plus lentement en France et en Angleterre.

J'estime pour ma part que cette *métallurgie en poche* est appelée à rendre de réels services à l'industrie et qu'on ne saurait trop la signaler aux métallurgistes et constructeurs qui reconnaîtront vite dans chaque cas particulier les limites de son domaine. Je veux appuyer mon opinion par le seul exemple suivant : à la suite d'une violente collision, le *Sévilla* de la *Hambourg America Linie* avait rompu son étambot en un point où la section rectangulaire mesurait 50 centimètres sur 30. Il fallait retirer l'étambot qui forme la carcasse d'arrière du navire, mouler un étambot neuf dans les usines de la Westphalie, l'amener à Hambourg et reconstituer la poupe du *Sévilla*. C'était pour le navire une immobilisation de deux mois et demi à trois mois dans les bassins de radoub et pour la compagnie une perte de 100 à 125 000 francs. L'aluminothermie a remarquablement simplifié le problème, elle a permis de réparer l'étambot cassé en combinant les coulées intercalaires et annulaires.

La section de rupture fut d'abord élargie de manière à laisser un espace de 3 centimètres entre les deux surfaces à souder, puis le moule fut installé pour la formation d'un anneau de 5 centimètres d'épaisseur et de 15 centimètres de longueur. La coulée, effectuée le 20 janvier dernier, à 11 h. 20 du matin, produisit plus de 150 kilogrammes de fer avec 300 kilogrammes de thermite; le moule, brisé à quatre heures de l'après-midi, découvrit la partie soudée dont la température s'était abaissée au-dessous du rouge. On avait chauffé la pièce avant la soudure, elle fut recuite pendant 20 heures après l'opération. Des essais permirent de constater que la soudure était parfaite à tous les égards.

L'excès de métal coulé formait deux petites masselottes qui furent détachées de l'anneau après la rupture du moule. Les difficultés éprouvées dans la séparation de ces masselottes montrent nettement les bonnes qualités du métal coulé. 50 chocs d'une forte barre maniée par dix hommes recourbèrent de 90° les parties saillantes sans les casser; il fallut les entailler au burin et donner encore 20 coups de barre pour les détacher.

Il est intéressant de remarquer en terminant que l'aluminothermie résout d'une façon extrêmement élégante le problème du transport de l'énergie à distance par un intermédiaire commode, la thermite.

CAMILLE MATIGNON,
Maître de Conférences à l'Université de Paris.

On sait que l'on soude aussi les plaques ou les feuilles de métal au moyen de la chaleur dégagée par le courant électrique. *Iron Age* a décrit récemment un dispositif établi par le professeur Thomson dans le but de fabriquer des tubes en métal par soudure électrique autogène. La feuille de métal choisie déroulée automatiquement traverse un appareil qui la tourne en tube. Un fil de même métal que la feuille suit les bords ainsi amenés en regard. Le courant électrique, fourni par un transformateur, échauffe les bords à souder ainsi que le fil dont la fusion détermine une excellente soudure.

MINÉRALOGIE

LA REPRODUCTION DE L'ÉMERAUDE.

On sait depuis longtemps que l'on peut obtenir des corps *cristallisés* par voie de *fusion*, de *sublimation* ou de *dissolution*.

La méthode par fusion avait été si souvent employée dans les laboratoires que l'on croyait en avoir tiré tout le parti possible. Les expériences de M. Gernez et celles de M. Fouqué ont cependant donné à cette méthode une importance qu'elle ne possédait pas avant leurs belles recherches. Tout récemment encore, reprenant une expérience de Gaudin, M. Verneuil a réussi, grâce à une habileté remarquable, à obtenir par la simple fusion *la première pierre de joaillerie qui soit sortie du laboratoire.*

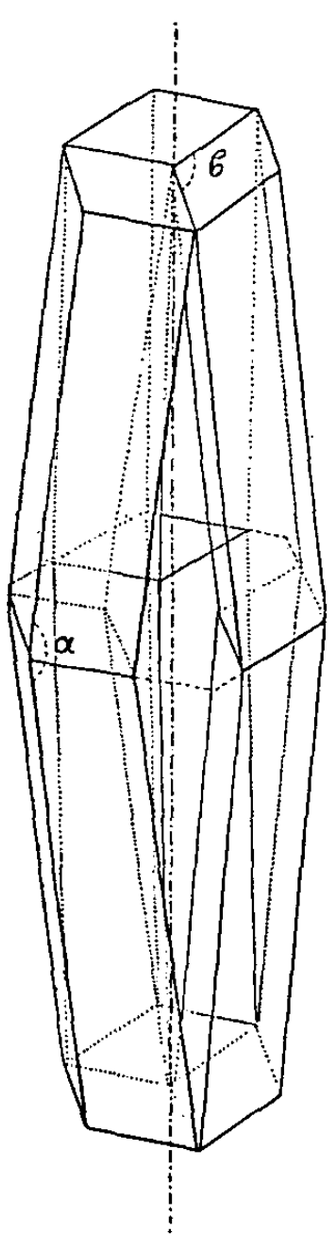


FIG. 1. — SCHÉMA D'UN CRISTAL D'ÉMERAUDE[1].

La condensation des substances vaporisées fournit parfois des cristaux, si la vaporisation peut être opérée à une température inférieure à celle de la fusion.

Les corps en dissolution enfin cristallisent en se séparant de leur dissolvant soit par l'évaporation de celui-ci, soit par l'effet des variations de température. *Ebelmen* reconnut que les substances fondues pouvaient jouer le même rôle que les dissolvants de la voie humide; il réussit à reproduire par voie sèche un grand nombre *d'espèces minérales*, inaugurant brillamment les recherches de synthèse.

Quinze ans plus tard, Henri Sainte-Claire Deville dota la science d'une méthode nouvelle, non moins féconde que celle d'Ebelmen; il est nécessaire d'en faire bien comprendre le principe avant d'exposer les recherches qui ont abouti à la reproduction de l'émeraude.

En 1823, Gay-Lussac, faisant agir le chlorure de fer sur la vapeur d'eau, avait obtenu l'oxyde de fer cristallisé que les minéralogistes désignent sous le nom de *fer oligiste*.

En 1861, H. Sainte-Claire Deville, ayant chauffé au rouge vif, dans un tube de porcelaine hermétiquement clos, de l'oxyde de fer amorphe avec une petite quantité de gaz chlorhydrique, constata qu'au voisinage de la matière amorphe il s'était formé sur la porcelaine un dépôt de fer oligiste, tandis que le gaz chlorhydrique se retrouvait intact après l'expérience.

Les chimistes contemporains de Sainte-Claire Deville auraient tout uniment attribué la cristallisation de l'oxyde de fer à une « action de présence » de l'acide chlorhydrique; Sainte-Claire Deville démontra que, dans les parties les plus chaudes du tube, l'acide chlorhydrique et l'oxyde de fer se décomposent mutuellement, donnant du chlorure de fer et de l'eau; que, dans les parties les plus froides seulement, par la réaction de Gay-Lussac, inverse de la première, le chlorure de fer et l'eau se décomposant à leur tour, donnent de l'acide chlorhydrique et de l'oxyde de fer *de nouvelle formation*, ce dernier sous forme cristallisée. Il expliqua la production des cristaux par l'alternance des deux réactions inverses qui se passent entre l'acide chlorhydrique et l'oxyde de fer, entre le chlorure de fer et l'eau, opposant à la cristallisation du fer oligiste l'état amorphe de la silice précipitée par l'action de l'eau sur le chlorure de silicium, action sans contre-partie possible.

Mais si l'on conçoit aisément que les molécules d'oxyde de fer, très disséminées au moment

1. La forme générale est celle d'un prisme hexgonal; mais en réalité le cristal est complexe. Il possède un plan de symétrie principal et un axe de symétrie perpendiculaire à ce plan. Autour de l'axe, 3 cristaux élémentaires, prismes à base de losange, sont inclinés sur lui ($\alpha = 179°25'$) de telle façon que la trace de chacun d'eux sur le plan de symétrie est un losange dont l'angle $\beta = 120°$; ces prismes sont orientés de telle façon que les 3 losanges, groupés autour d'un sommet commun, forment ensemble un hexagone régulier.

Sur les 3 prismes centraux, de chaque côté du plan de symétrie, sont superposés 3 prismes terminaux, orientés comme les premiers, sous cette réserve qu'ils sont un peu plus inclinés sur l'axe : l'angle des pans symétriques est de 176°.

Les bases du cristal sont donc creuses. Le nombre des cristaux élémentaires groupés autour de l'axe, sur un même étage, peut dépasser 3.

de leur formation dans un milieu gazeux, indépendantes de la cohésion, s'orientent et se disposent en cristaux, l'effet utile d'une réaction destructive ultérieure est moins évident. C'est qu'il faut considérer que cette action, s'exerçant à la surface de deux cristaux, l'un plus petit, l'autre plus gros, diminue le premier plus que le second, puisque c'est le premier qui présente, relativement à sa masse, la plus grande surface. Lorsqu'ensuite se fait (et bien moins sur les parois du tube que sur les cristaux subsistants) un dépôt de nouvelles molécules d'oxyde de fer, ce dépôt est plus abondant sur le cristal le plus gros, dont la surface est la plus grande en valeur absolue. La différence de masse des deux cristaux va croissant à mesure que l'expérience se prolonge et le renversement des réactions a pour effet, en définitive, de condenser en cristaux mesurables un dépôt qui autrement resterait en quelque sorte à l'état de poussière moléculaire.

H. Sainte-Claire Deville a donné le nom d'*agent minéralisateur* à tout corps capable de jouer, dans une cristallisation, le rôle de l'acide chlorhydrique dans la production du fer oligiste. Il a appelé *volatilisation apparente* le transport de l'oxyde de fer dans l'acide chlorhydrique et, en général, le transport de tout corps qui, en l'absence d'un agent minéralisateur, est fixe à la température à laquelle on opère.

La simplicité de l'expérience de Sainte-Claire Deville se prête à la clarté des explications : l'oxyde de fer, en effet, s'il a éprouvé une modification dans sa forme, se retrouve identique dans sa nature chimique. Toutefois, ce changement de forme n'ayant pu se faire qu'à la suite d'une destruction complète de la molécule, on conçoit que si l'on soumet simultanément à l'action d'un agent convenablement choisi deux ou trois combinaisons de nature chimique différente, la destruction de ces combinaisons pourra donner lieu à un groupement nouveau de leurs éléments, alternativement constitué, détruit, reconstitué par deux actions inverses. C'est alors que l'on aura, à proprement parler, effectué la *synthèse d'une espèce minérale*.

Et les conditions de la synthèse peuvent être réalisées soit que l'on utilise un agent minéralisateur gazeux, qui produit la volatilisation apparente d'une substance fixe, soit que l'on recoure à un agent minéralisateur liquide ou fondu, qui produit la *dissolution apparente* d'une substance insoluble. La formation de l'émeraude dans un agent minéralisateur fondu suffira pour montrer que, sous les apparences de la volatilisation, le renversement des réactions reste toujours la cause réelle de la cristallisation.

C'est à P. Hautefeuille, généralisant les vues de son maître, que revient le mérite d'avoir assimilé dans leur cause les phénomènes de volatilisation et de dissolution apparentes et obtenu le premier, par une méthode générale, les silicates alumineux plus ou moins acides en cristaux bien caractérisés.

Les dissolvants apparents que Hautefeuille a le plus heureusement employés sont les tungstates, vanadates, molybdates de potasse, de soude, de lithine, tous sels capables d'abandonner, à une température suffisamment élevée, une partie de leur alcali qu'ils reprennent à une température plus basse, doués cependant de propriétés spéciales qui les rendent plus propres, les uns à la cristallisation des minéraux caractéristiques des roches acides, les autres à la cristallisation des composés alumineux les moins silicatés, différenciés aussi par leur fusibilité à l'état de sels neutres ou de sels acides.

Or, après avoir reproduit les *feldspaths* et les *leucites aluminiques*, Hautefeuille s'était proposé de préparer des feldspaths et leucites gluciniques et de rechercher si, dans les deux séries de composés, l'alumine et la glucine se peuvent remplacer isomorphiquement.

Il reconnut bientôt que les tungstates alcalins, qui lui avaient servi à produire les composés aluminiques, ne pouvaient convenir pour minéraliser les composés gluciniques parce que la fusibilité de ces derniers est trop voisine de celle des tungstates. Il dut recourir aux vanadates de potasse et de soude [1].

Dans les nombreuses expériences faites avec un vanadate de potasse ou de soude il se forma exclusivement des silicoglucinates alcalins ; dans une expérience unique, il se forma accidentellement un silicate de glucine simple. Mais cet accident frappa vivement Hautefeuille, parce qu'il lui fit entrevoir la possibilité de produire dans un milieu alcalin des espèces exemptes d'al-

1. Fondu avec un mélange de silice et de glucine, et la température s'élevant progressivement, le vanadate neutre abandonne de l'alcali d'une manière continue. La silice et la glucine fixent cet alcali et donnent une série de silico-glucinates de plus en plus alcalins, de plus en plus fusibles. Qu'ensuite la température s'abaisse graduellement, le vanadate acide reprend peu à peu l'alcali, ne laissant subsister qu'une série de silico-glucinates de moins en moins alcalins, de moins en moins fusibles, jusqu'après le moment même où l'un des termes de cette série, ramené à la température de sa solidification, se sépare de la masse fondue. Or les variations alternatives de la température, dans une opération du genre de celles que nous décrivons, sont inévitables soit en raison du réglage imparfait de la source de chaleur, soit en raison des mouvements du liquide inégalement chauffé dans sa masse, et le renversement des réactions qu'elles provoquent est la condition nécessaire de la cristallisation.

cali et fort intéressantes : la *phénacite*, pierre rare qui est un silicate de glucine, et *l'émeraude*, qui est un silicate d'alumine et de glucine. Le résultat accidentel était dû, selon toutes probabilités, à un abaissement de température exceptionnellement prolongé, et cependant il ne put être reproduit à la limite de fusibilité du vanadate de soude ; vraisemblablement ce sel avait agi en état de *surfusion*, il ne fallait pas compter renouveler l'expérience.

Hautefeuille fut ainsi conduit à remplacer le vanadate de soude par le vanadate de lithine plus fusible et, en maintenant ce dernier en fusion au contact d'un mélange de silice et de glucine, il réussit à transformer la totalité de la glucine en phénacite.

Il pouvait espérer que le même agent minéraliserait les éléments de l'émeraude, mais dans des tentatives répétées il ne vit jamais apparaître celle-ci que comme un produit transitoire, qui promptement faisait place à la phénacite. Il substitua enfin au vanadate le bimolybdate de lithine, dont nous dirons tout à l'heure l'action spéciale, et cette fois l'agent minéralisateur se trouva si bien approprié que, après de courts tâtonnements, Hautefeuille arrivait à minéraliser 80 p. 100 du poids des éléments de l'émeraude. L'expérience fut conduite comme suit :

Un mélange intime de silice, d'alumine et de glucine, dont la composition répondait à celle de l'émeraude, fut chauffé au moufle avec 5 fois son poids de bimolybdate de lithine, dans un creuset de platine. La température, à partir du moment où le molybdate entra en fusion, fut élevée très progressivement jusque vers 700°. Après quinze jours, on mit fin à l'expérience, on enleva le molybdate par l'eau, et on nettoya dans l'acide fluorhydrique les cristaux cimentés par un composé feldspathique dont la formation est inévitable.

La production de l'émeraude n'est pas due simplement, comme on pourrait le déduire des explications relatives aux silicoglucinates alcalins, à la formation et à la destruction alternatives d'une combinaison de ses éléments avec la lithine ; tout au moins peut-on saisir au passage l'existence d'un produit transitoire dans lequel c'est un molybdate de lithine qui s'est adjoint aux éléments de l'émeraude. Cela d'ailleurs ne modifie évidemment en rien l'interprétation générale des faits.

Le premier échantillon qui fut préparé était une *émeraude blanche* ; dans les préparations qui suivirent, il suffit d'ajouter au mélange une très petite quantité d'oxyde de chrome pour donner aux cristaux la belle nuance verte de l'émeraude de joaillerie.

Ces cristaux sont d'ailleurs bien loin d'atteindre des dimensions qui en permettent l'utilisation comme *gemmes* et il n'est pas probable que le procédé qui a servi à les préparer se prête à les grossir beaucoup.

Comparés aux cristaux naturels, les cristaux artificiels présentent la même structure intime, révélée par leurs anomalies optiques, structure extrêmement complexe, résultant de la pénétration de plusieurs individus diversement orientés. Il est bien remarquable que le procédé de laboratoire et le procédé, à coup sûr fort différent, employé par la nature donnent cette identité dans la complexité.

Un tel résultat était, il y a vingt-cinq ans, fort loin des prévisions des chimistes, qui n'imaginaient pas pouvoir faire concurrence à la nature sans lui emprunter ses procédés.

Cette timidité, d'ailleurs légitime chez le géologue qui se tient à l'explication des faits naturels, devait toutefois rétrécir le champ des recherches et mal servir la science.

Henri Sainte-Claire Deville commençait à s'en affranchir quand les importants travaux de synthèse exécutés par P. Hautefeuille en 1877 et dans les années qui suivirent, vinrent contribuer pour la plus grande part à orienter les esprits dans une direction nouvelle.

Au lieu de s'attarder à la recherche des procédés de la nature, l'on s'appliqua surtout à accroître le nombre des synthèses, dont chacune apportait soit un contrôle de l'analyse des produits naturels que complique fréquemment l'admission d'éléments isomorphes, soit quelque représentant encore inconnu d'une famille incomplète, soit le type d'une famille nouvelle.

En s'écartant des conditions de production naturelle, la science multiplia les exemples et avança l'étude des phénomènes de *polymorphisme* ; elle obtint des détails entièrement nouveaux sur la structure intime des cristaux ; et ce n'est qu'en variant ses procédés enfin qu'elle trouvera, comme la nature elle-même, celui dont elle peut le plus complètement réaliser les conditions expérimentales.

AD. PERREY,
Sous-directeur du Laboratoire de Minéralogie à la Sorbonne.

AGRONOMIE

LA CULTURE DE LA TRUFFE.

La recherche de méthodes rationnelles s'appliquant à la culture des Champignons comestibles a tout naturellement préoccupé les botanistes depuis les immortelles découvertes de Pasteur; celles-ci ont en effet fourni aux savants le moyen d'étudier les organismes inférieurs, en leur permettant de les isoler et d'en suivre le développement en toute sécurité.

C'est ainsi que MM. Costantin et Matruchot ont pu obtenir le mycélium pur d'un certain nombre de Basidiomycètes comestibles, tels que le Champignon de couche (*Psalliota campestris*) et le Pied bleu (*Tricholoma nudum*), ce qui correspond à un double but.

Pour les Champignons dont on connaît déjà les procédés de culture commerciale, c'est le cas du *Psalliota campestris*, l'obtention de mycélium pur écarte un certain nombre de maladies dues à des Champignons parasites de celui qu'on cherche à cultiver, maladies qui peuvent facilement se transmettre par des repiquages de mycélium ou, comme on dit, de *blanc* précédemment contaminé; d'autre part, on peut ainsi obtenir des blancs correspondant à telle ou telle race de l'espèce cultivée qui peut présenter un avantage au point de vue du rendement ou de la qualité.

Pour les Champignons comestibles dont la culture commerciale n'a pas encore été tentée, c'est évidemment le seul procédé que nous ayons à notre disposition que de cultiver tout d'abord leur mycélium en laboratoire, sur des substances appropriées, pour essayer ensuite d'en obtenir le développement jusqu'aux appareils reproducteurs; on l'introduira à cet effet dans des milieux pour la composition desquels on sera obligé de tâtonner, mais en s'inspirant évidemment des conditions naturelles dans lesquelles apparaît le Champignon en question.

Il est un Champignon qui devait, plus que tout autre, attirer à cet égard l'attention des botanistes, c'est la Truffe, étant donnée l'importance commerciale qui s'y attache. Rappelons que les différentes espèces qu'on range sous ce nom ne sont pas, comme les Champignons précédents, des Basidiomycètes, dans lesquels les spores sont externes; elles appartiennent au groupe des Ascomycètes, caractérisés par l'existence de spores naissant à l'intérieur de petits sacs appelés *asques*; chez les Truffes ces asques sont eux-mêmes enfermés dans la masse d'un faux tissu formé par le mycélium; la partie comestible de la Truffe, qui est, comme on le sait, toujours souterraine, est donc constituée par une région mycélienne à filaments très serrés les uns contre les autres et dans l'intérieur de laquelle se différencient des *ascospores* très généralement échinulées.

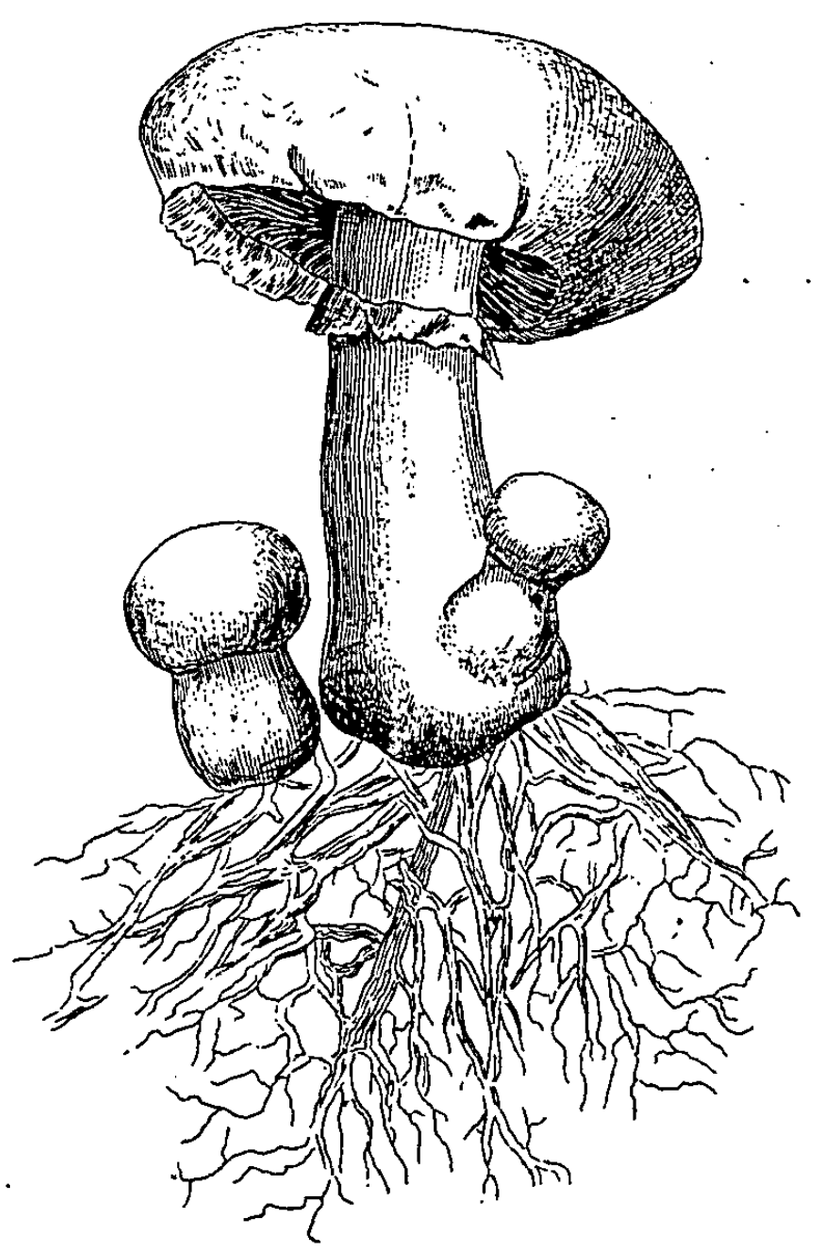


FIG. 1. — CHAMPIGNON DE COUCHE (*Psalliota campestris*).
Formé par une partie filamenteuse souterraine, appelée le *blanc* ou le mycélium, et la partie comestible aérienne, représentant l'appareil reproducteur; c'est à la surface des lamelles situées en dessous du chapeau que se développent les spores.

La biologie de la Truffe a fait l'objet de nombreuses hypothèses; une des plus anciennes a consisté à la considérer comme résultant d'une sorte d'excrétion, d'une *pituite* des racines des arbres; on la regarde encore aujourd'hui comme liée à l'existence de certaines essences, surtout des chênes; le mycélium, dans sa partie filamenteuse, serait en relation morphologique et phy-

siologique avec les radicelles de ceux-ci, sans que la nature de cette relation ait pu jusqu'ici être parfaitement précisée.

Il résulte de ce qui précède qu'à côté des truffières naturelles on a cherché et on a réussi à établir des truffières artificielles, en plantant, dans les contrées où on avait déjà rencontré accidentellement le Champignon, des chênes truffiers, et en les aménageant suivant des règles qui ont été établies empiriquement. Dans ces pratiques on n'opère aucun semis et on se trouve, pour les résultats, livré entièrement au hasard; il est clair qu'il y aurait tout avantage à provoquer le développement de la truffe en introduisant dans le sol le mycélium correspondant à ce Champignon; c'est à cette préoccupation que répondent les récents travaux de M. L. Matruchot[1] et de M. Em. Boulanger[2], dont les conclusions sont, du reste, très différentes.

M. Boulanger, partant de l'ascospore du *Tuber melanosporum*, c'est-à-dire de la Truffe noire du Périgord, a obtenu un mycélium qui lui a offert une série de formes conidiennes; on entend par là des appareils donnant naissance à des spores externes ou conidies; l'auteur les considère comme correspondant au cycle de développement de la Truffe; il a ensemencé ces formes conidiennes sur des carottes qu'il ensevelissait dans le sol; il aurait ainsi augmenté de beaucoup le rendement en truffes d'un bois situé près d'Étampes et où l'existence du Champignon était depuis longtemps signalée.

De son côté, M. Matruchot, opérant également sur l'ascospore du *Tuber melanosporum*, a vu se développer un mycélium qui, très différent par ses caractères macroscopiques de celui qu'a observé M. Boulanger, n'a produit aucune forme conidienne; ce mycélium, de couleur brune, se montre identique à celui que le même auteur a cultivé en s'adressant cette fois au mycélium truffier naturel.

Le fait que les formes conidiennes, signalées par M. Boulanger, se rapportent à des Mucédinées telles que l'*Acrostalagmus cinnabarinus*, un *Stachylidium*, un *Monilia*, un *Botrytis* et divers autres suffisent, entre autres raisons, pour les faire considérer comme des impuretés de ses cultures et non comme liées au développement de la Truffe; en effet, chacune de ces formes, considérée isolément, ne paraît pas devoir faire partie du cycle de développement de la Truffe; que toutes à la fois apparaissent sur le mycélium truffier, c'est ce qu'aucun mycologue ne saurait accepter.

Si, en semant ces impuretés, M. Boulanger a obtenu dans le bois où il a opéré un rendement plus grand en Truffes, cela tient ou bien à ce qu'il a recherché celles-ci avec plus de soin, à l'aide d'un nombre plus considérable de chiens truffiers, ou que les carottes, pourrissant en terre, ont pu produire un milieu favorable au développement du mycélium truffier préexistant dans la région.

Tout concorde, au contraire, sans qu'il soit nécessaire d'entrer ici dans une discussion détaillée, pour démontrer que le mycélium obtenu par M. Matruchot est bien le mycélium truffier, et on conçoit que la production à volonté de ce mycélium permette d'entrevoir des améliorations dans la production artificielle de la Truffe; on pourra très vraisemblablement rendre celle-ci plus régulière et, d'autre part, on pourra songer à introduire la culture de la Truffe du Périgord dans diverses contrées où on rencontre à l'état naturel d'autres espèces moins appréciées.

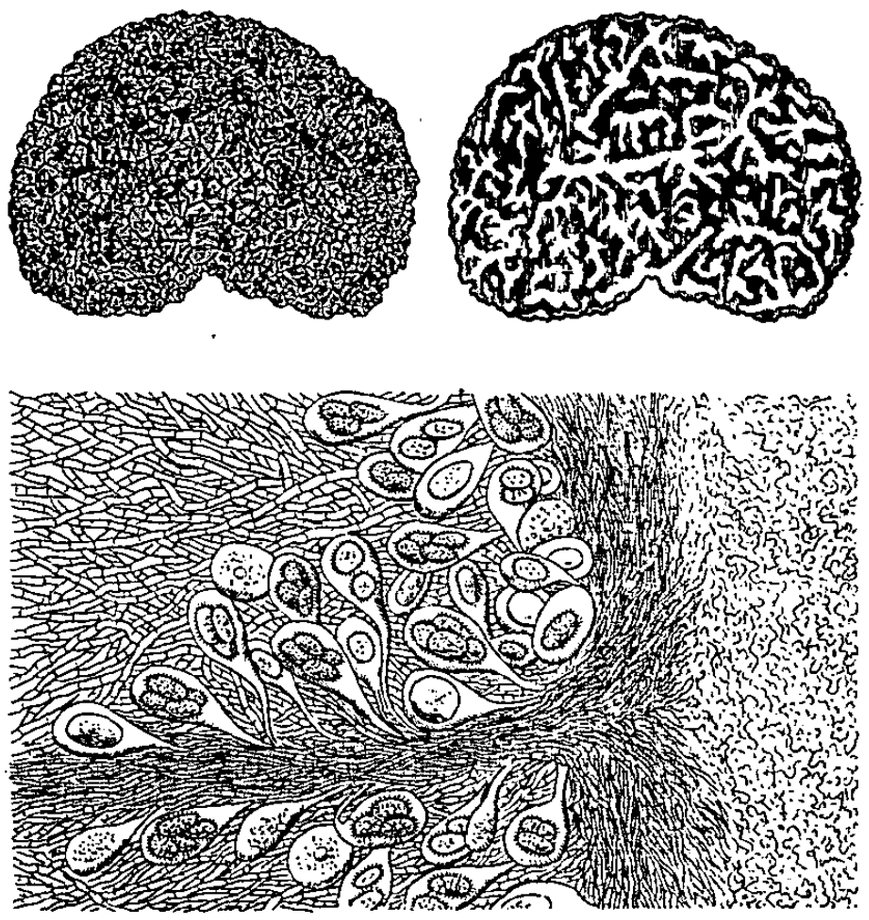


FIG. 2. — TRUFFE DU PÉRIGORD (*Tuber melanosporum*).
Les deux figures supérieures représentent l'appareil reproducteur comestible de la Truffe, dans son aspect extérieur (figure de gauche) et en section (figure de droite). La figure inférieure montre la disposition des éléments qu'on observe au microscope dans une coupe mince du tissu de la Truffe; celle-ci est constituée par des régions où les filaments sont très serrés les uns contre les autres et forment des sortes de cloisons délimitant des loges où le tissu est plus lâche; sur les parois des cloisons on voit s'insérer des *asques*, sortes de petits sacs renflés où se constituent des *ascospores* échinulées.

MOLLIARD.

1. L. Matruchot, *C. R. Acad. Sc.*, 4 mai et 2 juin 1903.
2. Em. Boulanger, *C. R. Acad. Sc.*, 4 mai 1903.

PÉDAGOGIE

TRIBUNE LIBRE D'ENSEIGNEMENT EXPÉRIMENTAL

Vérification expérimentale du principe d'Archimède dans le cas des gaz.

Ordinairement, on se contente de faire une vérification *qualitative* à l'aide du baroscope. On peut, cependant, très facilement faire une vérification analogue à celle que l'on fait dans le cas du liquide. Il suffit d'employer deux cylindres de volume plus grand.

1. *Cas du gaz plus dense que l'air* (CO^2). — On se procure deux cylindres C et D de même volume, D est complétement clos et C porte une ouverture à sa partie supérieure (fig. 1).

Les deux cylindres sont accrochés au plateau A d'une balance et on fait la tare *dans l'air*, le cylindre D plongeant dans un grand vase V.

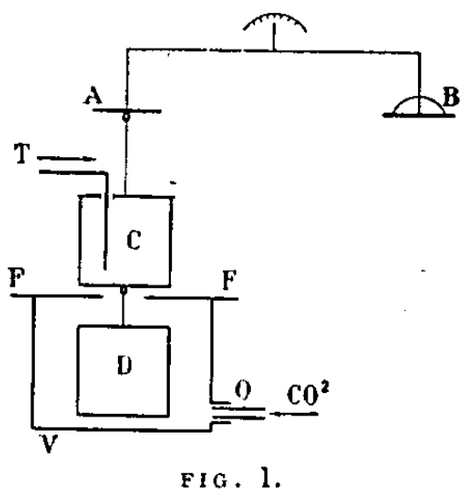


FIG. 1.

On fait ensuite arriver du gaz carbonique par l'orifice O et la balance penche du côté de la tare. On ramène la balance au zéro en remplissant le cylindre C du gaz CO^2 à l'aide du tube T, qui ne touche pas les bords de l'orifice.

L'expérience est très nette avec des cylindres de 12 cm. de haut sur 12 cm. de diamètre. La poussée (différence entre le poids de l'anhydride carbonique et le poids de l'air) est environ 1 gr., et les balances ordinaires des cabinets de physique sont sensibles au centigramme.

Lorsque l'équilibre est réalisé, on peut mettre deux demi-disques de carton F, F pour diminuer la diffusion du gaz carbonique dans l'air, et la balance reste très longtemps au zéro.

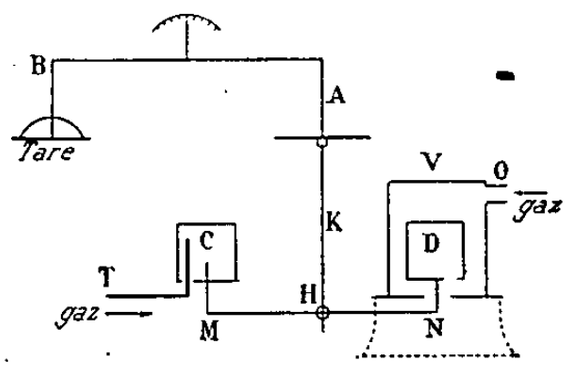


FIG. 2.

2. *Cas du gaz moins dense que l'air* (fig. 2). — On peut opérer avec un gaz moins dense que l'air : hydrogène ou gaz d'éclairage. On attache au plateau A une tige K qui porte une tige horizontale MN que l'on peut fixer avec une vis H et qui porte des pinces à ses extrémités pour y fixer les deux cylindres C et D renversés. On place, autour de D, le vase V également renversé et soutenu par un trépied. On fait la tare dans l'air; puis on fait arriver par l'ouverture O le gaz d'éclairage. La balance penche du côté A. On revient au zéro en remplissant le cylindre C du gaz amené par le tube T. Il est facile de voir comment on doit interpréter l'expérience devant les élèves.

On peut d'ailleurs faire l'expérience sans cylindre, et c'est ainsi que je l'avais d'abord montré il y a plusieurs années. On se sert de deux ballons de 1 litre environ, placés l'un au-dessus de l'autre. Le ballon inférieur est fermé par un bouchon, l'autre est ouvert pour l'introduction du gaz. Des supports et des pinces de chimie permettent aisément le montage qui est un peu plus long qu'avec l'appareil précédent.

Communiqué par M. S. MÉTRAL,
Professeur agrégé des Sciences physiques
à l'École Colbert.

Siphon renversé.

On indique ordinairement le transvasement du pétrole dans une cuve à eau; il est plus facile de faire l'expérience avec le gaz d'éclairage ou l'hydrogène.

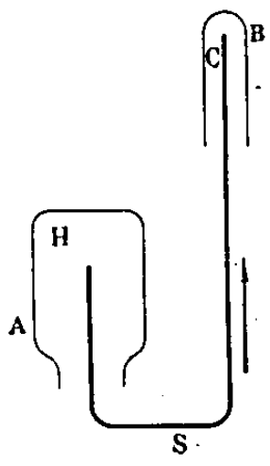


FIG. 3.

On remplit le vase A de gaz d'éclairage ou d'hydrogène, en faisant arriver le gaz par l'extrémité C du siphon. Lorsque A est plein on retire le tube de caoutchouc qui amenait le gaz et on place l'éprouvette B. De cette manière le siphon est amorcé et le gaz passe de A en B. — On peut constater la présence du gaz par combustion (je ne crois pas que cette expérience soit bien neuve, mais on ne l'indique pas ordinairement, et elle est très simple).

Communiqué par M. S. MÉTRAL,
Professeur agrégé des Sciences physiques
à l'École Colbert.

Combustion du magnésium dans la vapeur d'eau.

On porte de l'eau à l'ébullition dans un grand ballon A. D'autre part on a préparé un bon bouchon de liège B dans lequel passe un fil de fer qui soutient une coupelle dans laquelle on a mis du magnésium en limaille. Le bouchon porte en outre un tube ouvert qui servira à recueillir l'hydrogène (fig. 4).

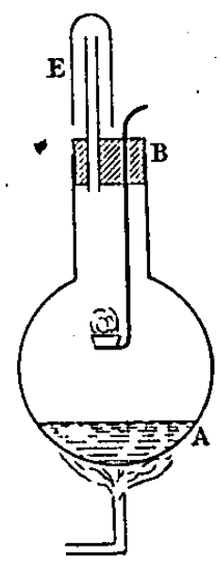


FIG. 4.

L'eau étant en ébullition depuis quelques instants, on allume le magnésium et on fixe le bouchon sur le ballon. Le métal brûle avec éclat dans la vapeur d'eau, et on recueille l'hydrogène, par déplacement, dans l'éprouvette E.

L'expérience réussit très bien avec l'aluminium *en poudre*.

Communiqué par M. S. MÉTRAL,
Professeur agrégé des Sciences physiques
à l'École Colbert.

Formule d'un isolant pour bâtons, supports, etc., ayant pour but de remplacer la résine, qui, seule, se brise rapidement.

Fondre ensemble, à feu doux, dans une capsule de porcelaine, les corps suivants :

Colophane	2	en poids.
Soufre.	2	
Paraffine	1	

Pour faire un bâton isolant avec ce mélange, faire un tube de 2 cm. de diamètre avec une feuille de papier à dessin enroulée plusieurs fois autour d'un tube de verre. Retirer le tube de verre après avoir fixé la feuille de papier par trois bagues de ficelle, une au milieu, et les deux autres aux extrémités, boucher le tube

à une extrémité par un bouchon conique de liège, et, tenant le tube vertical, y couler le mélange précédent. Lorsque la masse est bien prise, la feuille de papier se détache très facilement.

Avoir soin de faire un tube beaucoup plus long que le bâton qu'on veut obtenir, car il se produit, pendant la solidification, un retrait considérable.

Un bâton ainsi constitué s'électrise même avec la main, et n'a jamais besoin d'être chauffé (en effet, il fondrait rapidement).

Ne pas augmenter la dose de paraffine, car le bâton ne serait plus assez dur.

On peut également, avec cet isolant, faire un gâteau d'électrophore, en le coulant dans une tourtière en fer-blanc. Il garde très longtemps sa charge.

Je dois dire ici que, pour l'addition de la paraffine, je me suis inspiré des indications de M. Boudréaux.

Cet isolant présente sur la paraffine seule l'avantage d'être plus maniable, et d'être moins sensible à la poussière, qui s'attache facilement à la paraffine, et la rend conductrice, ce qui n'arrive pas avec le mélange précédent.

Communiqué par M. LAUREAU.

Il faut rapprocher de cette composition isolante celle préconisée il y a quelques années par M. Hurmuzescu et qu'il a nommée diélectrine. G. M.

VARIÉTÉ

LES CERFS-VOLANTS.

J'ai la conscience que je dois un mot d'explication au lecteur. Comme le doge à Versailles, je suis le premier étonné de voir mon nom dans cette revue scientifique, et le professeur de rhétorique que j'ai été ne s'attendait guère à chroniquer un jour sur les *Cerfs-volants*.

Mais tout est dans tout. La carrière universitaire est une naturelle introduction à la pédagogie ; celle-ci étudie tous les âges de l'enfance. J.-J. Rousseau prenait l'enfant au maillot. Aujourd'hui, on peut dire qu'on commence l'éducation avant la naissance. Je ne suis pas remonté si haut. J'ai été arrêté par le rôle éducateur des jeux et jouets ; j'en suis encore là.

Au nombre des jouets sont les cerfs-volants. Quand, en 1901, fut institué à Paris, au Vélodrome du Parc des Princes, le championnat des appareils d'aviation plus lourds que l'air, le comité me fit l'honneur de m'appeler à lui pour faire partie du jury des jouets volants et diminutifs. Je me rencontrai là avec des savants, les gloires de l'aéronautique, membres de l'Institut, professeurs des Universités, membres de l'Aéro-Club, directeurs d'observatoires, MM. Cailletet, Teisserenc de Bort, Surcouf, Patrick Alexander, Deutsch, Ducretet, Guillaume, Hergesell, de Nansouty, Rotch, etc. Ce fut pour moi une découverte. J'appris là que :

Le cerf-volant n'est pas ce qu'un vain peuple pense.

Et cette notion m'a parue utile à vulgariser.

Les concurrents du Parc des Princes semblaient des gens mûrs et graves retombés en enfance. Ils faisaient fonctionner des engins variés, plutôt réservés, pour l'ordinaire, à l'âge tendre : cerfs-volants, hélicoptères, hélices, papillons artificiels, toupies volantes, orthoptères ou appareils à ailes battantes, aéroplanes, spiralifères, strophéors, boomerangs, etc.

C'est que ces divers engins comportent, appliquent, constatent des théories scientifiques dont les essais apportent d'utiles enseignements à la cause de l'aviation, à l'étude du vol aérien, de la direction, de la stabilité, de la résistance, de la rigidité.

Et c'est beaucoup d'honneur pour eux.

Seria nugis, avait écrit Cats en tête de son ouvrage sur les jouets. Il est vrai qu'on peut dire et faire des choses très sérieuses à propos même de joujoux. Les savants ont disputé aux gamins le divertissement du cerf, et l'ont élevé à la hauteur d'une science.

Ce n'est pas le seul cas. Les soldats de plomb ne servent pas seulement à l'ébattement de la menue jeunesse. Ils trouvent leur utile emploi dans les écoles militaires, auprès des officiers, pour les services de tactique, pour l'histoire des batailles célèbres, des armes, des uniformes. Ils ont les honneurs d'importantes vitrines au Musée de l'Armée. En Allemagne, où leur fabrication est beaucoup plus variée, plus étendue, plus intelligente que chez nous, ils contribuent d'une façon efficace à l'instruction populaire, à la notion, à la conscience, à l'orgueil des gloires nationales et du passé militaire.

La science doit beaucoup aux enfants, plus qu'on ne croit. Ed. Fournier a raconté comment Jacob Metzu, lunetier d'Almaër, inventa les lorgnettes d'approche en regardant ses enfants jouer avec des verres au travers desquels ils regardaient le clocher grossir ; comment Roger Bacon connut la force explosive de la poudre en voyant des enfants faire de petites cartouches de parchemin avec du sel de pierre ou salpêtre ; comment Olivier Evans observa des gamins qui jetaient dans le feu d'un maréchal

ferrant un tube de fer rempli d'eau et bouché; le tube éclata, révélant la puissance expansive de la vapeur; comment Ferracino imita les petits moulins des enfants pour imaginer une scie mécanique; comment Sulzer découvrit le galvanisme en remarquant des enfants qui s'amusaient à pincer leur langue entre deux plaques de cuivre et de zinc.

Les engins volants viennent d'entrer plus triomphalement encore dans cette série utile.

Le mot cerf-volant vient de l'analogie de sa forme allongée avec celle d'une tête de cerf.

Mais ce n'est déjà plus cela. Il faudrait l'appeler le coffre volant, comme dans les contes orientaux, car le cerf n'a plus son ancien aspect. C'est une grande boîte, plus haute qu'un homme; les montants sont des bambous brasés avec des pièces de cuivre; deux bandes de toile l'entourent aux deux bouts. C'est le modèle américain de Hargrave ou de Eddy. On le fait aussi octogonal. Le dernier perfectionnement est le cerf cellulaire, modèle Le Cornut, qu'on ne saurait mieux comparer sinon à une grande gaufre de toile dont les creux sont à jour. Ceux qui sont le plus généralement employés sont des coffres allongés et légers, souvent flanqués d'ailes à l'avant, parfois munis d'un éperon en flèche aiguë. Les montures se font aussi en aluminium.

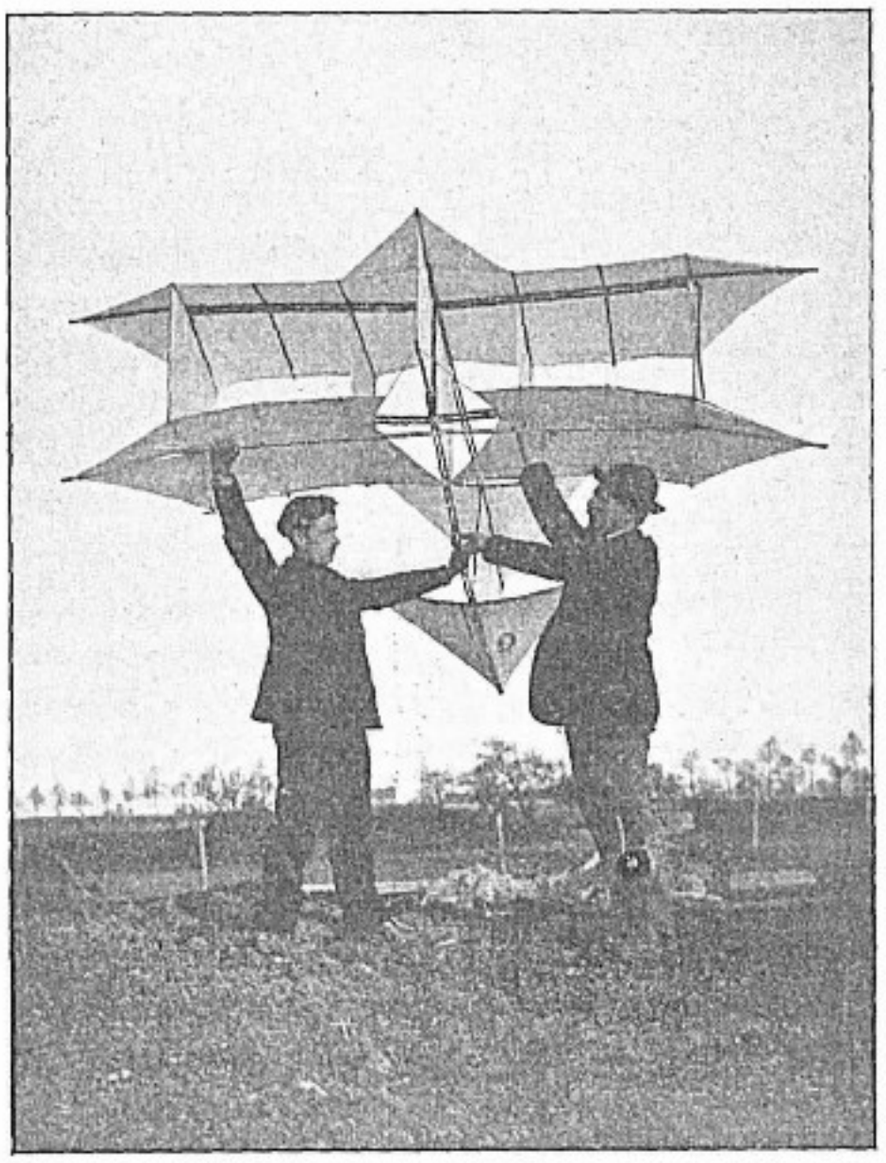


FIG. 1. — CERF-VOLANT A AILETTES DE M. TEISSERENC DE BORT.

Un cerf-volant moderne, avec l'armature, les soudures, les ailettes, peut valoir 200 fr. Comme il faut, pour monter vers les grandes altitudes, atteler dix ou douze cerfs destinés à soutenir le poids du câble, on voit qu'une expérience coûte cher.

Il ne s'agit plus de l'ancien peloton de fil qu'on tient à la main. Le cable est en corde à piano, de bon acier souple. Quand il en faut une longueur de cinq kilomètres, on juge du poids qu'il représente. Il est enroulé autour d'une forte bobine mue par un treuil électrique, avec des remarques tous les cent mètres, ou tous les mille mètres.

Le treuil est monté sur plaque tournante et l'homme est abrité par une cabine contre la pluie et le vent, sans cesser d'avoir devant lui toute la ligne du cerf-volant (fig. 2).

Le déroulement indique la distance du cerf au treuil; par le calcul de l'inclinaison, on connaît et l'angle formé et l'altitude atteinte.

Si le vent est trop faible pour enlever l'engin, — et il est trop faible s'il n'a pas une vitesse de 5 m. à la seconde, — on lance le cerf-volant en le posant à plat sur le sol et en l'entraînant avec un automobile à la marche de 15 km.

Le treuil peut bobiner 7 800 m. de corde à piano. Il est actionné par une dynamo. Il subit des tractions terribles de 500 ou 600 kil. La bobine doit être assez large pour ne pas courber le fil suivant des spires trop petites qui rendraient le métal cassant. Les soudures se font en ligatures allongées, sans pli brusque. Et cependant il faut prévoir les causes de rupture, les fils tournés par l'engin que le vent chavire, la fatigue aux points de soudure ou de tortillon, la tension prolongée avec des tractions énormes.

Dans les cas d'accidents, les engins tombent au loin avec leurs longs lambeaux de fil. On a la précaution de les munir de leur carte d'identité.

Les cerfs-volants portent cette étiquette :

OBSERVATOIRE DE MÉTÉOROLOGIE DYNAMIQUE

Les personnes qui trouveront ces appareils sont priées instamment de les mettre en lieu sûr et surtout de laisser le fil d'acier sur le sol sans le rouler. Elles préviendront le plus tôt possible l'observatoire de Trappes du lieu où s'est produite la chute.

Des paysans, souvent, font preuve de trop de

zèle. Ils ôtent la couche de suie sur les rouleaux enregistreurs, pour plus de propreté, et font disparaître toute trace des graphiques, soigneusement. Ils enroulent le fil d'acier, et quand ils en ont cinq ou six cents mètres, c'est une boule inextricable, un hérisson qu'il faut jeter.

Un congrès se prépare en Danemark, au cours duquel aura lieu un championnat de cerfs-volants international, et ce pays fut choisi tant par la vaste étendue de ses plaines, que pour l'habitude acquise par les paysaus de voir, de connaître, de respecter les instruments et les appareils. Ils ont une meilleure éducation scientifique que les nôtres.

Des accidents sont imprévus.

Un jour, la bielle d'une locomotive agrippa une ligne de cerf-volant, et bobina quelques centaines de mètres de fil d'acier, qui firent une masse compacte et solidement forgée autour de la genouillière : le train fut arrêté net.

Il existe des parcs de cerfs-volants, au fronton desquels il faudrait écrire : *Quo non ascendam!* La concurrence, la rivalité anime et exerce l'ingéniosité des champions, conquérants de l'air. Il y en a en Russie, il y en a en Angleterre, il y en a en Allemagne.

Les deux plus importantes de ces « écuries de cerfs » sont aux États-Unis et en France.

Aux États-Unis, c'est l'observatoire de Blue Hill, dirigé par M. Rotch.

En France, c'est l'observatoire de Trappes (fig. 4), dirigé par M. Teisserenc de Bort, qui possède toute une armée de ces volatiles artificiels, avec lesquels il détient le record de l'altitude atteinte : il a dépassé 5 000 m.

Voici quelques-uns de ses résultats :

3 940 m., le 14 juin 1899 ; 4 300 m., le 17 septembre de la même année ; 5 150 m., le 24 août 1900 ; 5 280 m., le 31 janvier 1901.

A Blue Hill, ils n'ont pas dépassé 4 900.

Nous avons sur eux 380 m. d'avance en hauteur.

Ils l'emportent en stabilité.

A Blue Hill ils ont plané trois jours.

Ici vingt-quatre heures sont le laps le plus long qui ait été obtenu.

Le cerf-volant et le ballon sont deux frères, mais deux frères ennemis. Ils appartiennent aux deux écoles rivales, celle des « plus lourds que l'air » et celle des « plus légers que l'air ».

Ils ne se nuisent pas. Ils se complètent. Le ballon préfère les temps calmes et plats, qui sont antipathiques au cerf. Mais celui-ci prend sa revanche par les mauvais temps. Il pleut, il vente, il neige, il y a des bourrasques, il fait un temps à ne pas mettre un ballon dehors. Le cerf-volant alors se réjouit, ouvre ses ailes et s'enlève, bravant l'orage et la tourmente.

C'est un instrument merveilleux, docile, inattaquable, solide ; il brave tout. Pleut-il à torrents ? On l'a enduit de stéarine, et il ne s'émeut de l'eau non plus qu'un cygne sur la surface d'un lac. Vente-t-il ? jamais le cerf n'est plus en verve. Il vole, il plane, il triomphe, d'accord avec le vent qui est son moteur.

On voit l'importance et le sérieux que des gens de valeur accordent à ce sport.

D'où vient ce souci ? Quel avantage attend-on ? Il est multiple et sérieux. Les bons offices du cerf-volant sont des plus précieux et ne sont pas promesses en l'air.

C'est surtout en météorologie, pour l'étude des phénomènes atmosphériques, qu'il se signale. Grâce à lui, Romas a capté l'éclair et la foudre. Il continue ses prouesses. Il ne s'envole jamais des observatoires sans emporter, accrochés à tous ses angles, des appareils enregistreurs, aéromètres, baromètres, hygromètres, pour connaître l'état de sécheresse ou d'humidité de l'air, thermomètres maxima et minima, montre avec cadran à secondes, boussole, girouette, anémomètre qui inscrit les sautes du vent et sa vitesse ; il a devers lui tout ce qui est nécessaire à une longue, perspicace et édifiante observation ; il regarde et il note les nuages, les astres, les oiseaux, tous les incidents de la vie des airs et des distances inaccessibles.

Le cerf *rapporte*, comme un chien de chasse. Il rapporte de la pluie captée à 3 ou 4 kilomètres au-dessus de nous, et par conséquent intéressante à l'analyse.

Imaginez un cerf lancé du sommet du mont Blanc et atteignant 5 000 mètres : c'est 9 kilomètres d'atmosphère. On accroche à l'un de ses angles une boîte à fermeture automatique et hermétique ; manœuvrée d'en bas, elle capte et redescend de l'*air* pris à 5 kilomètres au-dessus de nos bronches.

Passons à d'autres états de services.

A la guerre, il joue son rôle. On conte même qu'il fut inventé par un guerrier, le général chinois Han Sin, qui confia ses jours à ce *remigium alarum*, et s'évada en cerf de sa ville investie. On revient à cet usage. En Angleterre, en Russie, en Allemagne, les parcs d'artillerie et du génie ont, outre les ballons d'observation, des cerfs d'observation aussi. On les attelle dix ou douze

l'un sous l'autre, et on obtient ainsi une force ascensionnelle très capable d'enlever un homme.

M. TEISSERENC DE BORT.

M. ST. HEPITES, Directeur de l'Institut météorologique de Roumanie.

M. LAUCASTER, Directeur du service météorologique belge.

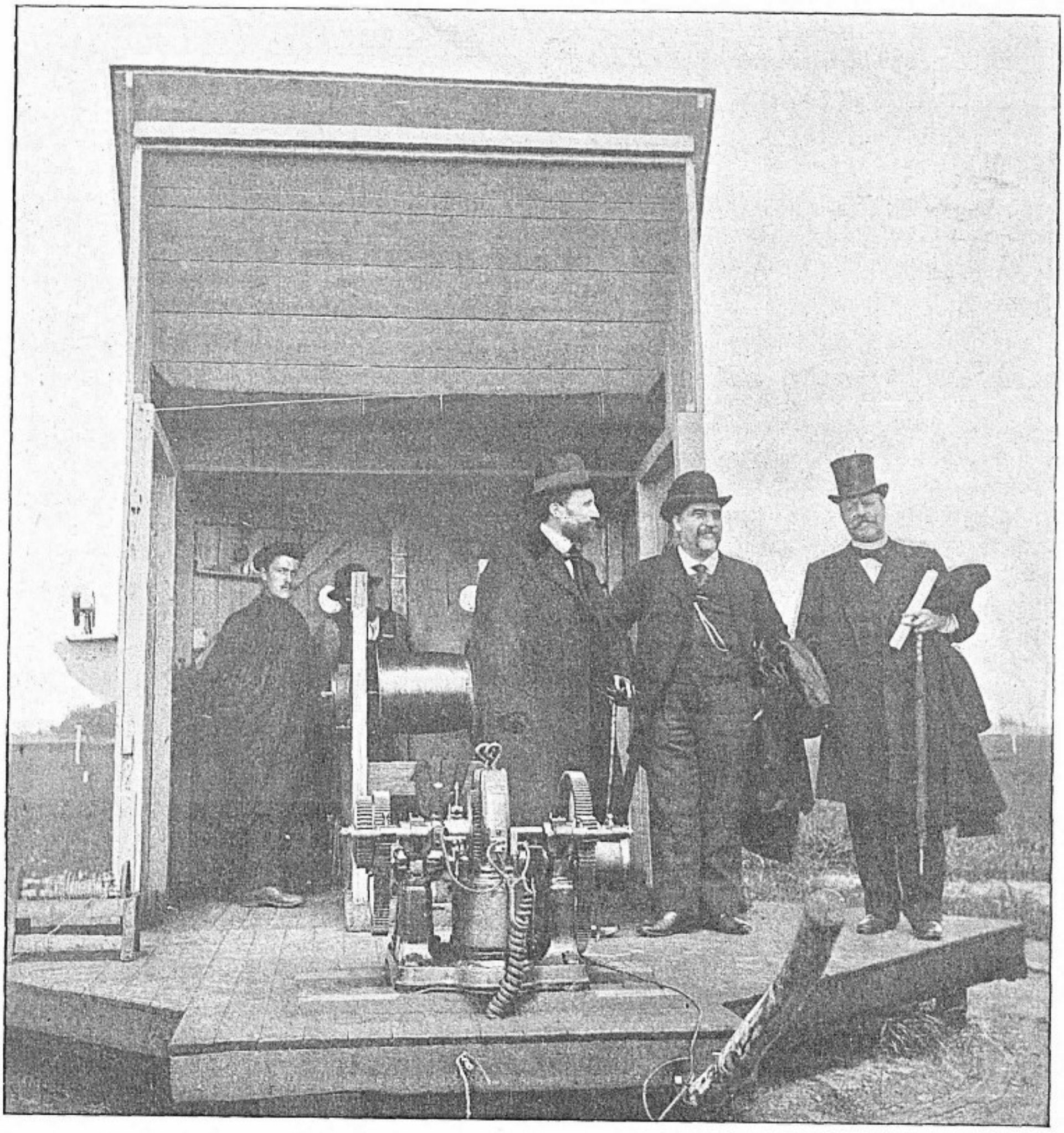


FIG. 2. — TREUIL ÉLECTRIQUE POUR DÉROULER LE CABLE DU CERF-VOLANT, A TRAPPES.
Observatoire de météorologie dynamique de M. Teisserenc de Bort. Cabine sur plateforme mobile.

L'un des premiers modernes Icares fut, en Angleterre, le fils du général Baden Powel. En Russie, un attelage de cerfs, *in æthere cervi*, a enlevé à 100 mètres, dans un panier, un officier de pompiers, — tel un prince charmant traîné par des colombes. On comprend l'intérêt de ce mode de prospection les jours où le ballon d'observation du génie est inutilisable.

Là ne se bornent pas encore les bienfaits de ce volatile artificiel.

La marine lui a et lui aura toutes les obligations. Enlevé du rivage par gros temps, le cerf élève à une grande hauteur des signaux, des fusées qui guident le navire en détresse.

Lancé à bord du bateau, chassé par le vent du large, il tombe à terre et apporte aux sauveteurs le fil, le filin, qui va servir à établir entre l'embarcation et la rive un va-et-vient, permettant de passer aux naufragés un câble assez résistant.

De la côte, le cerf-volant, dirigé à l'aide d'un guide-rope, pourra lui-même porter les amarres aux marins en détresse. On le dirigera aussi en plaçant le treuil sur un automobile qui peut en se déplaçant faire balayer par la ligne tout l'espace au milieu duquel se trouve le bateau en péril.

M. Léon Teisserenc de Bort, M. Rotch, M. Marwin, M. Wenz, ont publié à cet égard d'intéressants conseils qui ont été portés à la connaissance des sociétés de sauvetage ; ils sont faciles à réaliser, peu coûteux, et d'un résultat assuré par les temps les plus durs.

Poursuivons le cours de ces exploits. Voici le cerf-volant photographe. On munit le cerf d'un appareil photographique amarré à l'armature et braqué en bas. Un fil électrique le relie au sol et commande le déclanchement. On prend ainsi de curieuses vues à vol d'oiseau, qui donnent des plans, des cartes cavalières, des images nettes des objets jusqu'à 200 m. de hauteur. On voit ci-dessous une photographie qui a été faite

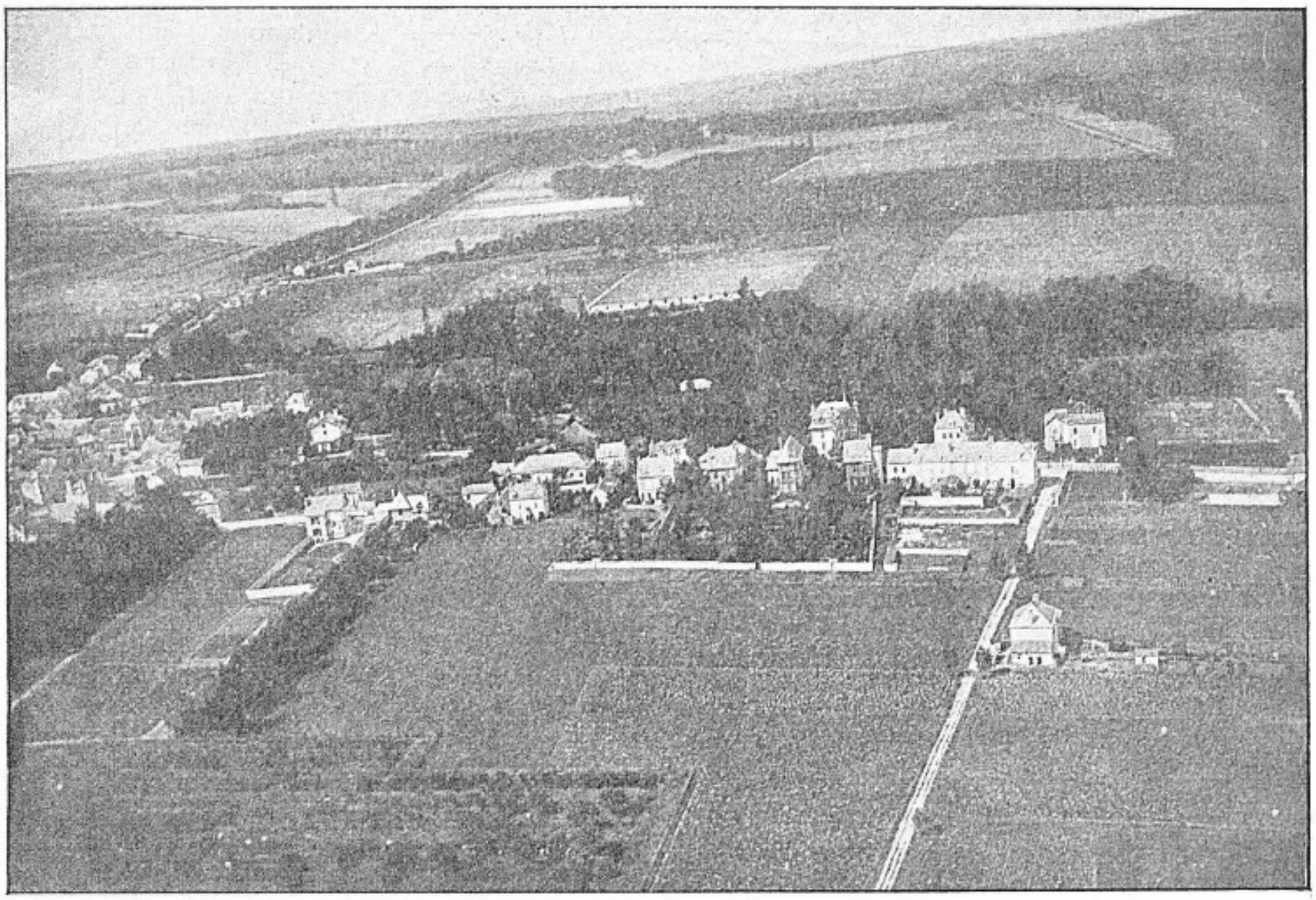


FIG. 3. — PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE PAR CERF-VOLANT. VUE DE JONCHERY-SUR-VESLE PRISE A 250 M. D'ALTITUDE PAR M. WENZ.

dans ces conditions, et dont l'auteur m'écrivait :

« Pour ce qui concerne la photographie au moyen de cerfs-volants, les Américains, que l'on est toujours tenté de mettre en avant, ne se sont pas seuls occupés de la question ; M. Batut et moi l'avons fait avant eux, et nous pouvons sans crainte dire mieux qu'eux, et obtenu des épreuves de formats plus grands. Dès 1891, j'ai obtenu une photographie sur une glace 18 × 24 à Berck-sur-Mer, d'une altitude de 250 mètres avec un objectif grand angulaire de 0,174 de foyer ; depuis j'ai modifié et perfectionné mes appareils ; j'en suis aujourd'hui à ma dixième chambre noire. Ma dernière épreuve a été obtenue sur une glace 18 × 24 avec un objectif

de 0,28 de foyer, à 200 m., à Jonchery-sur-Vesle, près Reims (fig. 3). »

C'est celle qui est reproduite ci-contre.

L'utilité de cette invention est évidente en temps de guerre. On peint le cerf en bleu ou en gris, en « couleur du temps », pour qu'il soit malaisé à voir ; de là-haut, il prend la photographie d'une ville assiégée, des travaux du génie, des tranchées, des bastions. L'ennemi ne se doute pas un instant qu'il a posé. A supposer même que le cerf soit aperçu, signalé, visé ; les balles l'atteindront difficilement, et mêmesiunou deux projectiles trouent la toile, à la différence du ballon, le cerf-volant ne s'en ressent même pas et redescend avec flegme et sûreté.

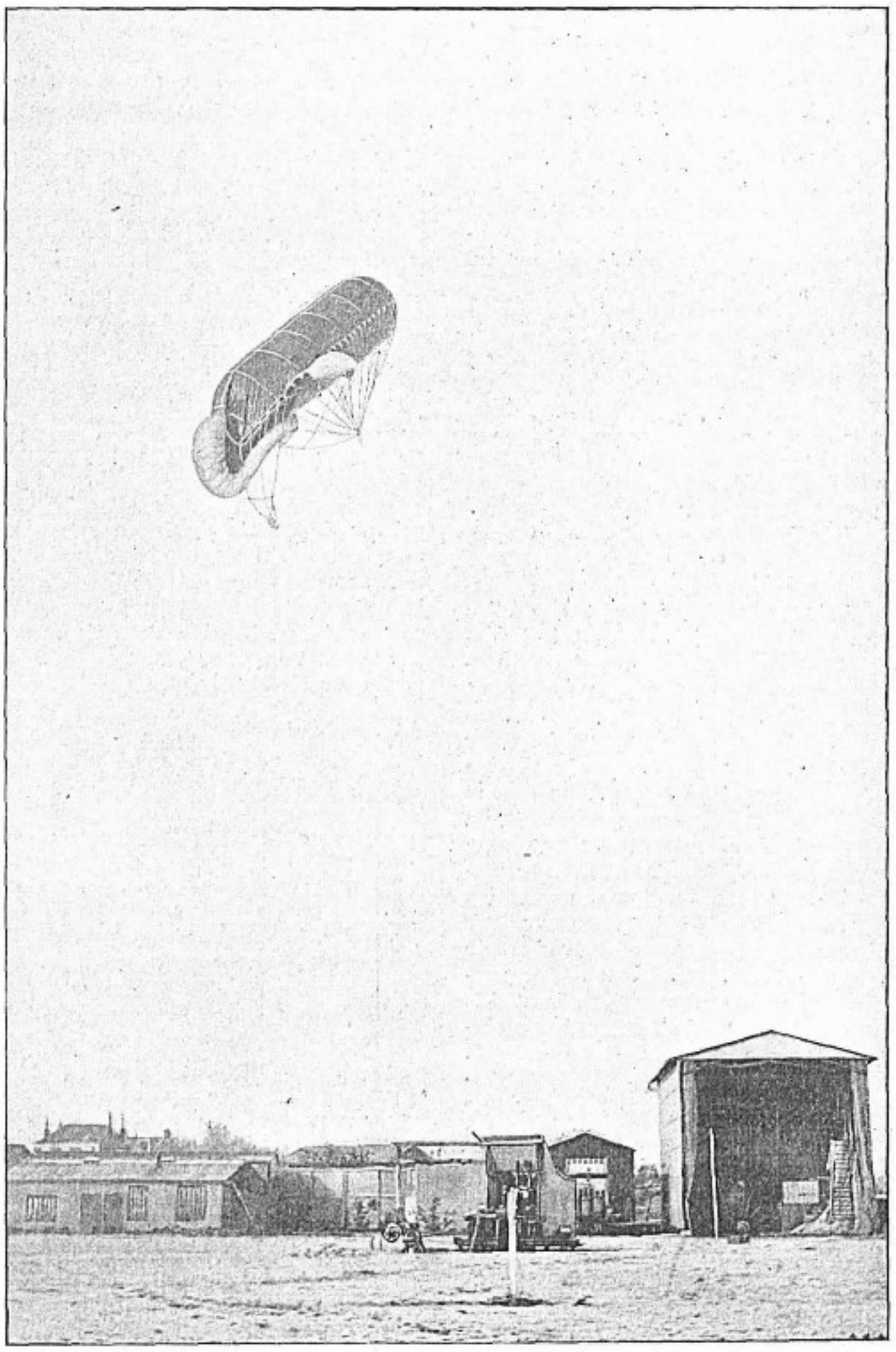


FIG. 1. — CERF-VOLANT-BALLON EN BAUDRUCHE; ALTITUDE 2300 M. (OBSERVATOIRE DE TRAPPES).

La télégraphie sans fil se servira de lui. Il emportera le poste expéditeur et l'élèvera au-dessus des obstacles qui peuvent arrêter la propagation des ondes, il répandra celles-ci sur une zone conique infiniment plus large qu'à terre.

On a là quelques aperçus rapides des services qu'on peut dès à présent demander au cerf-volant. La liste s'enrichira avec le temps, les essais, les études, les travaux, très poussés partout, secondés par l'État dans les pays qui ne sont pas la France. N'oublions pas que l'observatoire de M. Teisserenc de Bort, à Trappes, est une entreprise privée, que le gouvernement ignore et ne subventionne pas, sans doute pour la raison que, passé 25 m. au-dessus du sol, hauteur ordinaire des mansardes ouvrières, il n'y a plus de propagande électorale à cultiver.

Les recherches sont complétées par le lancer des ballons-sondes libres, qui pénètrent plus avant dans la couche atmosphérique, et parfois la dépassent. L'un d'eux est monté à 19000 m. Les appareils n'ont plus rien enregistré, dans ce milieu nouveau pour lequel ils ne sont pas préparés. Ces ballons-sondes rendent de très grands services ; chacun d'eux a, dans les registres, son état civil, à Trappes, le récit détaillé de son voyage, ses courbes, ses circuits, ses plongeons, ses élans, l'état des régions aériennes parcourues. Ils sont les historiographes de l'air. Du grand nombre d'expériences et de pénétrations, il sera possible d'extraire des lois

générales et des notions sur la disposition et les variations des couches atmosphériques.

Ils accomplissent des voyages au long cours ; partis de Trappes-Port-Royal, près Paris, ils vont tomber en province, à l'étranger, dans la mer, en Espagne, ou près de Berlin, ou en Silésie. Beaucoup se perdent.

Il faut feuilleter les feuilles de route de ces ballons, dressées dès leur retour. C'est une lecture admirable, et qui vous remplit d'émotion, devant cette sublime ingéniosité de la science, qui du fond de son cabinet, envoie ses messagers par les airs, leur dicte les informations qu'ils doivent prendre, les attend, les reçoit, et consigne sur son livre les renseignements de toute nature que l'engin inconscient a notés et fournis à l'intelligence directrice. C'est merveilleux, miraculeux; ces hommes, instruits des choses qui se passent bien au-dessus des régions où atteignent à peine les derniers oiseaux, ont un caractère d'exception, de magiciens; le moyen âge les aurait brûlés. Le temps présent les néglige, les ignore; l'État ne fait rien pour aider de si belles recherches. Le bûcher valait presque autant que cet abandon, car il jetait au moins des flambées de gloire au seuil de l'Éternité.

LÉO CLARETIE.

Revue critique des Travaux scientifiques.

PHYSIQUE

Les rayons N.

A la suite d'expériences nouvelles *M. Blondlot* a été conduit à interpréter autrement ses premières observations [1]. Ce ne sont pas les *rayons X* qui se propagent avec la vitesse de la lumière, et qui sont polarisés, ce sont de nouveaux rayons, émis en même temps qu'eux par l'ampoule de Crookes, et qu'il a nommés *rayons N*, afin de rappeler qu'ils ont été découverts à Nancy. Ces rayons obscurs possèdent toutes les propriétés mécaniques de la lumière : ils se *réfléchissent* régulièrement sur une lame polie, se *réfractent*, se *dispersent* et peuvent donner une *image* de la surface qui les émet, ou dont on peut les supposer provenir, à la condition d'interposer sur leur trajet une lentille de quartz. D'autre part ils traversent le papier noir, le bois, l'aluminium, etc. Enfin ils ne produisent *ni la fluorescence ni la phosphorescence*. Toutefois lorsqu'ils frappent une substance phosphorescente préalablement insolée, ils *renforcent* l'éclat de la région frappée.

Les rayons N ne sont pas seulement émis par l'anticathode d'un tube de Crookes, mais encore : 1° par une lame (de tôle, d'argent, etc.) portée au rouge naissant; 2° par le manchon d'un bec Auer; 3° par un bec de gaz à flamme annulaire privé de sa cheminée de verre qui est absorbante, etc. On trouve aussi des rayons N parmi les rayons solaires.

Étude des rayons N.

Pour définir un faisceau de rayons N on enferme la source qui les émet dans une caisse de tôle munie d'une fenêtre fermée par une lame d'aluminium d'environ 0 mm, 1 d'épaisseur (fig. 1). Plus près de la source on dispose d'autre part, en regard de la lame d'aluminium, un ou deux écrans parallèles au plan de la fenêtre et percés d'une fente, ayant par exemple 2 mm. de largeur et 35 mm. de hauteur. Dans le cas d'une source inaccessible, telle que le soleil, c'est le récepteur que l'on enfermera ainsi. On limite de la sorte un faisceau rectangulaire de rayons N que l'on peut recevoir sur les appareils destinés à leur étude.

On placera par exemple sur le trajet du faisceau un prisme de quartz de façon que son arête soit parallèle aux fentes, s'il s'agit d'étudier la dispersion des radiations, ou bien une lentille de quartz en vue d'obtenir des images de la fente la plus rapprochée. Si les rayons subissent la réflexion régulière, une lame polie, placée sur le faisceau avant la formation de l'image de la fente, portera celle-ci dans une position symétrique de celle qu'elle occupait d'abord, par rapport au plan de la lame.

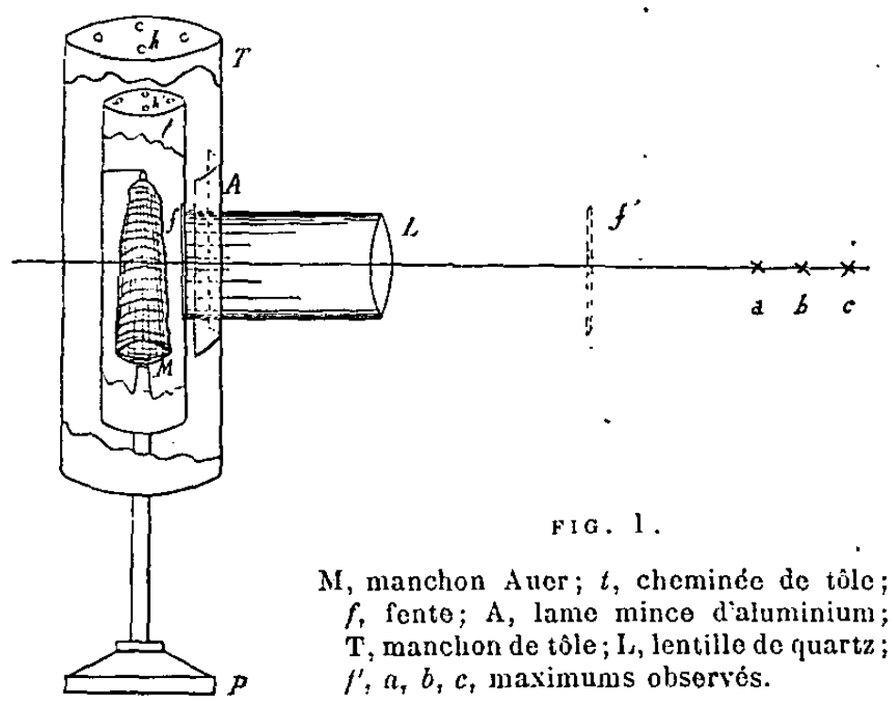


FIG. 1.

M, manchon Auer; *t*, cheminée de tôle; *f*, fente; A, lame mince d'aluminium; T, manchon de tôle; L, lentille de quartz; *f'*, *a*, *b*, *c*, maximums observés.

Comme les rayons N sont obscurs, il faut posséder un *élément sensible* permettant de révéler la marche du faisceau ou de fixer la position, la configuration et l'étendue des images. M. Blondlot utilise pour cela : 1° *l'électro-analyseur* décrit dans le n° 2 de la Revue, page 74; 2° une *flamme exploratrice* obtenue en allumant le jet de gaz qui s'échappe d'un orifice très étroit percé dans un tube relié à la conduite de gaz; cette flamme bleue et très courte devient à la fois plus intense et plus blanche dans le champ des rayons N; 3° une lame recouverte de sulfure de calcium préalablement insolé (ou un tube de verre très mince renfermant cette substance). On a vu que les parties frappées par les rayons N s'illuminent plus fortement que les portions qui échappent à leur action. Dans les questions qui intéressent la polarisation, l'électro-analyseur doit seul être employé.

C'est au moyen de ces éléments sensibles aux rayons N que M. Blondlot a reconnu qu'ils possédaient toutes les propriétés mécaniques de la lumière. En particulier il est

1. Voir la *Revue*, pages 24 et 74.

facile de déterminer, avec une assez grande précision, la position de l'image d'une fente due aux rayons N et formée au moyen d'une lentille de quartz. Avec une lentille de quartz (de 12 cm. de distance focale pour les rayons jaunes) placée à 265 mm. de la fente on obtient une image de la fente placée à 139 mm. de la lentille. Un calcul facile fournit pour l'indice des rayons ainsi réfractés par le quartz la valeur 2,93. Les mêmes mesures répétées avec une lentille de 33 cm. de distance focale pour les rayons jaunes ont fourni la valeur 2,942.

En explorant méthodiquement l'axe de la lentille, M. Blondlot a découvert trois autres maximums qu'il a cru devoir attribuer à trois autres radiations d'indices respectifs :

2,62 ; 2,436 ; 2,29.

La radiation N correspond-elle à plusieurs bandes spectrales ou à une seule?

Lorsqu'une lentille reçoit les rayons provenant d'une source extérieure, elle donne autant d'images de la source qu'il y a de radiations distinctes dans le faisceau qui la frappe. S'il y a quatre radiations, par exemple, il y aura quatre images, et celles-ci seront séparées d'autant mieux que les indices différeront plus. C'est là l'interprétation adoptée par M. Blondlot pour expliquer les quatre maximums qu'il a observés.

Mais on peut faire appel à un autre ordre de faits. Alors même que la source enverrait une radiation simple, il se produirait encore — en raison de la diffraction de l'onde par la lentille — une image principale et une série de maximums, dont l'intensité décroit lorsque leur distance à l'image principale augmente. C'est là la manière de voir de M. Sagnac, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Lille.

Les données numériques fournies par M. Blondlot s'accordent parfaitement avec cette interprétation.

S'agit-il d'une coïncidence fortuite ou bien la radiation N est-elle vraiment simple? voilà la question que de nouvelles expériences devront trancher.

Quoi qu'il en soit, l'existence de la radiation d'indice 2,942, correspondant à une longueur d'onde d'environ deux dixièmes de millimètre, paraît hors de doute ; elle est beaucoup moins réfrangible que les rayons extrêmes de Rubens, dont la longueur d'onde n'est encore que de $0^{mm},06$.

Si cet exemple montre combien est délicate l'interprétation de phénomènes nouveaux, les plus habiles et les mieux prévenus pouvant s'égarer, il montre aussi que les phénomènes *bien observés* favorisent toujours les progrès de la science.

Influence de diverses radiations sur la résistance électrique du Selenium.

On sait depuis longtemps que la résistance électrique du *selenium*, convenablement préparé, diminue lorsque le selenium est frappé par un faisceau lumineux. En produisant une série méthodique d'*éclairs* excitateurs (fig. 2), il est facile d'obtenir des variations de courant dans un circuit comprenant le selenium et par suite des actions motrices directes ou induites auxquelles on a cherché de nombreuses et intéressantes applications. Une variation d'éclairement équivaut évidemment à un éclair, d'où la pensée d'explorer au selenium une image et de la transmettre au loin par voie électrique.

La variation de résistance du selenium est aussi produite par les *rayons de Röntgen* et par ceux qu'émet le *radium*. Il est à noter qu'elle est alors *moins brusque* qui sous l'action de la lumière.

M. van Aubel vient d'établir que la résistance du selenium sensible, placé au voisinage (3 cm.) d'une couche d'eau oxygénée, tombait de 496 000 à 324 000 ohms au bout de trois ou quatre minutes d'exposition. En substituant de l'essence de térébenthine à l'eau oxygénée la résistance électrique, qui était au début de 461 000 ohms, est devenue égale à 386 000 ohms au bout de 15 minutes.

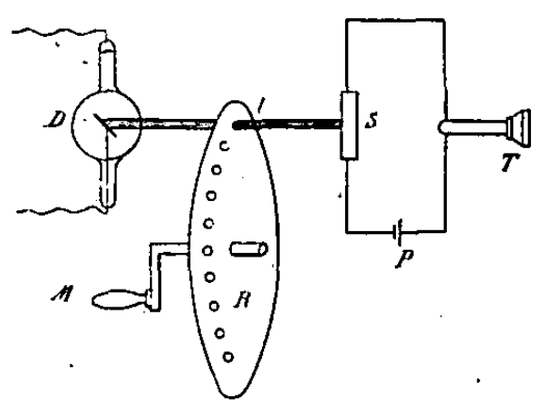


FIG. 2.

S, selenium sensible ; *p*, pile ; T, téléphone ; *t*, faisceau excitateur ; RM, zone percée de trous permettant d'intercepter périodiquement le faisceau.

La cuvette qui contient le liquide ainsi que l'élément de selenium sont enfermés dans une caisse obscure, car il importe de faire l'expérience à l'abri de la lumière. En interposant une plaque de laiton de 1 mm. d'épaisseur entre le liquide excitateur et le selenium, celui-ci reprend sa résistance primitive, mais lentement.

Ces faits montrent la multiplicité des conditions qui peuvent modifier la résistance électrique du selenium.

Propagation de la chaleur par du fer placé dans un champ magnétique.

En 1850, Maggi ayant placé une plaque de tôle soutenue par des substances mauvaises conductrices au-dessus des pôles d'un électro-aimant en fer à cheval et l'ayant chauffée en son centre, reconnut que l'enduit à base de cire dont la lame était recouverte fondait elliptiquement, le grand axe de l'ellipse étant orienté perpendiculairement à la ligne des pôles (fig. 3).

Ce phénomène contesté par Naccari et Bellati (1897),

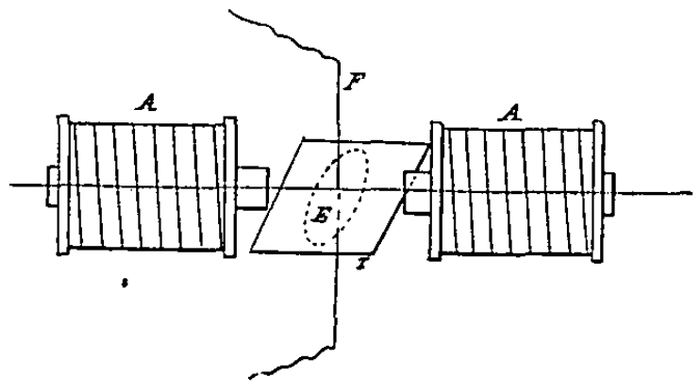


FIG. 3.

AA, électro-aimant ; F, fil pour chauffer la plaque T ; E, ellipse marquant la limite de la fusion de la cire.

confirmé par M. Korda (1899) vient d'être étudié à nouveau par M. Lafay, professeur à l'École polytechnique. En opérant dans l'air il a retrouvé l'effet Maggi, mais celui-ci a disparu lorsque l'expérience a été répétée dans le vide. L'effet Maggi serait donc dû à un courant d'air chaud, partant du point chauffé de la plaque et se dirigeant normalement à la direction des lignes de force. Il est clair que l'atténuation de rayonnement due à ce courant d'air chaud doit disparaître pour une épaisseur suffisante de la plaque. C'est ce qu'établit l'expérience. M. Lafay croit pouvoir conclure toutefois, d'expériences assez peu décisives, que, dans un champ magnétique intense, la conductibilité du fer subit très probablement une *diminution* appréciable, mais dont la valeur est à très peu près la

même, quelle que soit l'orientation de la direction dans laquelle se propage la chaleur par rapport aux lignes de force qui traversent le fer étudié.

Purification physique de l'hydrogène industriel par le froid.

La facile préparation de l'air liquide permet d'appliquer en grand le procédé de purification de l'hydrogène indiqué par M. d'Arsonval. En refroidissant suffisamment un mélange gazeux contenant de l'hydrogène, on isole toujours ce gaz. L'opération est facile à conduire et le gaz hydrogène obtenu est tout à fait pur. La question est importante surtout au point de vue du gonflement des ballons captifs ou dirigeables. M. G. Claude a dressé le plan d'un appareil pouvant épurer 25 mc. d'hydrogène à l'heure. Le colonel Renard a voulu, avant d'ordonner l'exécution de l'appareil, se rendre compte en petit de l'efficacité du procédé d'épuration. De l'hydrogène très impur, préparé au moyen d'un acide commercial et du zinc, venait barboter dans un vase de verre cylindrique de 120 mm. de diamètre et à demi rempli de gazoline. La gazoline était refroidie par de l'air liquide contenu dans une éprouvette en cuivre et dont l'axe coïncidait avec celui du premier vase. La température fut abaissée jusqu'à — 130°. En analysant le gaz recueilli à des températures de refroidissement qui ont varié de + 12° à — 130° et pour des vitesses du courant gazeux convenables, le capitaine Ducru a acquis la certitude que même l'hydrogène arsenié était complètement arrêté lorsque la température du barboteur atteint — 120°, car à partir de cette température il est impossible de faire apparaître l'anneau qui caractérise la présence de l'arsenic (appareil Marsh ; voir p. 47).

Décarburation des aciers ; miroirs métalliques.

Des fils d'acier dur se *décarburent* lorsqu'on les chauffe à une température qui peut atteindre 920° dans un tube renfermant de l'air ou de l'hydrogène. L'expérience ne réussit qu'autant qu'on n'a pas enlevé les gaz occlus dans le métal. La condition n'est d'ailleurs pas suffisante puisqu'en portant à 1100° des fils renfermant des gaz occlus, M. *G. Belloc* n'est pas parvenu à les décarburer. Il est intéressant de signaler que le départ des gaz occlus est accompagné d'un accroissement de résistance électrique du fil d'environ 12 pour 100. En chauffant dans le vide, au moyen du courant électrique par exemple, des fils d'acier, il se produit une volatilisation active du métal et celui-ci vient se déposer en une couche polie sur les parois froides voisines, par exemple sur la surface interne du ballon ou sur des lames introduites dans le ballon qui renferme le faisceau chauffé. Il y a évidemment en même temps *surcarburation* de l'acier restant (fig. 4).

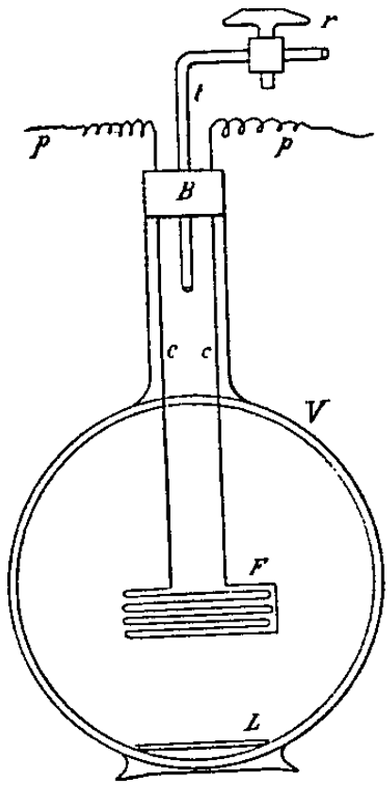


FIG. 4. — DISPOSITIF POUR LA VOLATILISATION DES MÉTAUX.

V, ballon de verre. — *t*, tube, muni d'un robinet *r* relié à la machine pneumatique. — *pp*, fils amenant le courant au faisceau F qui doit subir la volatilisation. — L, lame à recouvrir.

On peut ainsi métalliser des lames de verre et les transformer en miroirs, la surface réfléchissante pouvant être formée d'ailleurs par un dépôt de nickel, d'argent, de cuivre, etc., aussi bien que de fer. Vu par transparence, le dépôt de nickel est marron, celui d'argent est bleu et celui du cuivre vert. Ce procédé est à rapprocher de celui de M. Houllevigue qui, dans le même laboratoire, obtient des couches miroitantes métalliques par projection cathodique.

Le plomb radioactif.

MM. *Korn* et *Strauss* ont comparé l'*effet photographique* de deux quantités égales de sulfate de plomb radioactif dont l'une avait été exposée pendant dix minutes à l'influence des rayons cathodiques dans un tube à gaz raréfié. Le sulfate ainsi exposé produit une impression photographique beaucoup plus intense que la portion non traitée, alors même que la plaque sensible est protégée par une lame mince d'aluminium.

Des tentatives semblables faites sur l'uranium, le radium, le polonium et l'actinium ont été sans résultat. Le *pouvoir électro-actif*, ou pouvoir de décharger les corps électrisés, ne varie pas en même temps que le *pouvoir photographique*. Aussi MM. Korn et Strauss attribuent-ils ces deux effets à deux rayonnements entièrement distincts : le premier, déviable par le champ magnétique, traverserait facilement le verre, l'aluminium, etc., et produirait l'effet photographique ; le second, électro-actif mais peu pénétrant, serait produit par une substance très fine, se dégageant de la matière radio-active et qui se dissoudrait ensuite dans l'air ambiant.

De la légitimité des moyennes en météorologie.

La répétition de la mesure d'une même longueur faite avec soin fournit des nombres différents, mais les écarts qu'ils présentent par rapport à leur moyenne se classent par groupes comprenant un nombre de mesures qui va très rapidement en diminuant lorsque l'écart correspondant augmente. Les différences observées dans de telles mesures proviennent d'erreurs tout à fait *fortuites*. Il en est de même si l'on classe par groupes par rapport à la distance qui les sépare du point de mire des balles tirées avec la même application et en grand nombre. M. Angot, directeur du Bureau météorologique, s'est demandé si les moyennes faites, par exemple sur les lectures quotidiennes des thermomètres portant sur tout un mois, avaient une signification physique. Là, en effet, les variations constatées ont une *cause naturelle* qui semble *a priori* échapper aux lois du hasard. L'épreuve consiste à grouper comme il a été indiqué plus haut les écarts par rapport à la moyenne mensuelle pour diverses stations et de vérifier que les résultats obtenus satisfont à la loi de groupement propre aux erreurs fortuites. C'est ce qui a été fait sur 24 séries d'observations s'étendant sur les 50 *mêmes* années. De cette étude importante M. Angot a tiré la conclusion suivante qui légitime la pratique des moyennes en ce qui concerne la température : « Les causes naturelles qui, d'une année à l'autre, produisent les variations de la température d'un même mois, se comportent exactement, pour toute la région de la France, comme des causes purement fortuites. La moyenne arithmétique des températures successives observées pour un même mois dans une série donnée est donc la valeur la plus probable de cette température pour une année ultérieure et en même temps celle que l'on observera le plus souvent ».

A. GUILLET.

Revue des Applications des Sciences

L'Alcool dénaturé. Usages industriels et domestiques.

L'alcool destiné à la consommation humaine, sous forme d'eau-de-vie ou de liqueurs, l'*alcool de bouche*, disent les spécialistes, est frappé en France d'un impôt très élevé, qui se monte actuellement à 220 francs par hectolitre d'alcool absolu.

Maintenir une pareille taxe sur l'alcool destiné à l'industrie ou aux usages domestiques autres que la consommation, équivaudrait à peu près à en prohiber l'emploi pour ces usages; telle ne pouvait être l'intention du législateur; une pareille mesure aurait été absolument contraire, d'ailleurs, à l'intérêt du Trésor.

Le fisc s'est donc trouvé en face de ce problème : frapper l'alcool de bouche d'une taxe considérable, sans toucher sensiblement à l'alcool industriel; empêcher ce dernier, fortement sollicité par l'alléchante prime que constitue la différence de prix des deux catégories d'alcool, d'aller frauduleusement à la consommation humaine, en échappant à l'impôt établi sur l'alcool de bouche.

La solution de ce problème a été fournie à l'administration par la *dénaturation*, qui, bien faite, dispensera la Régie de toute surveillance ultérieure sur l'emploi de l'alcool.

On *dénature l'alcool* en l'additionnant de substances qui lui communiquent, sans cependant le rendre toxique, une odeur et une saveur assez repoussantes pour qu'il ne puisse plus être consommé.

Ces substances, qui constituent le *dénaturant*, doivent satisfaire à de multiples conditions : la Régie leur demande de ne pouvoir être séparées complètement de l'alcool, afin que ce dernier ne puisse pas, sans opérations onéreuses, être rendu buvable, et qu'il conserve toujours le sceau chimique de la dénaturation qu'il a subie; elle veut, en effet, conserver le moyen de constater les tentatives les plus habiles de *régénération* frauduleuse.

Le consommateur, de son côté, demande que le dénaturant ne le gêne pas et ne modifie pas sensiblement les propriétés de l'alcool primitif.

En France, le dénaturant qu'emploie la Régie est l'*alcool méthylique*; le liquide-type qu'elle a adopté se nomme *méthylène-Régie*: elle y ajoute une petite quantité de *benzine-Régie*, huile de houille distillant entre 180° et 250° C.

L'alcool à dénaturer doit marquer au moins 90° Gay-Lussac, ce qui correspond à une densité de 0,834, à la température de 15° C.; il ne doit pas contenir plus de 1 p. 100 d'*huiles* diverses.

Ces conditions étant remplies, à 1 hl. d'alcool, on ajoute dans le cas général, pour opérer la dénaturation :

10 litres de méthylène-Régie
0 lit. 5 de benzine-Régie

et on mélange avec soin [1].

L'alcool ainsi dénaturé pèse 90° Gay-Lussac à la température de 15° C., et a une densité égale à 0,834.

La loi interdit de soumettre l'alcool dénaturé à aucun coupage, d'en abaisser le titre, de l'additionner de substances étrangères, etc.

Toutefois, la *carburation* de l'alcool est autorisée. Nous verrons plus loin en quoi consiste cette opération.

L'alcool dénaturé est parfaitement combustible sans résidu; les échantillons de bonne qualité courante fournissent en brûlant 5 900 calories par kilogramme (soit 4 920 calories par litre) et exigent 5 m. c. d'air pour la combustion complète du kilogramme.

L'évaporation d'un kilogramme d'alcool dénaturé exige environ 288 calories.

La dénaturation influe sur la chaleur de combustion, l'alcool méthylique pur ne donnant, par kilogramme, que 5 300 calories, soit, par litre, en raison de sa densité 0,81, 4 300 calories seulement, tandis que 1 litre d'alcool éthylique pur, de densité 0,794, fournit $7\,100 \times 0{,}794$ ou 5 600 calories : différence, 1 300 calories. Cette différence entre les deux alcools purs doit être réduite de $\frac{1}{10}$ quand il s'agit d'alcools à 90°.

L'addition de 10 litres d'alcool méthylique à 90° à 1 hl. d'alcool à dénaturer fournira donc 110 litres d'alcool dénaturé de puissance calorifique un peu plus faible que celle de l'alcool primitif.

Cette diminution est fâcheuse, surtout si on compare l'alcool dénaturé aux essences de pétrole, de densités voisines de 0,7, couramment employées dans les moteurs, et qui fournissent de 7 600 à 8 050 calories par litre. On a pu y parer, et rapprocher beaucoup l'alcool de l'essence, en le *carburant*, c'est-à-dire en l'additionnant de corps riches en carbone, ne renfermant pas, comme l'alcool, d'oxygène, et doués d'une grande puissance calorifique.

La carburation, n'étant pas une opération fiscale comme la dénaturation, n'est pas réglementée par la Régie. La nature du *carburant* employé peut varier avec l'usage auquel est destiné l'alcool que l'on carbure. Si l'on veut, comme c'est presque toujours le cas, l'employer à l'état de *gaz d'alcool*, il sera bon de choisir un carburant qui, non seulement se dissolve dans l'alcool et y reste dissous quand la température extérieure s'abaisse, mais, de plus, ait sensiblement la même volatilité que l'alcool; cette dernière condition est indispensable si l'on veut que le gaz formé par évaporation du liquide composé contienne toujours même proportion de vapeur d'alcool et de vapeur du carburant, depuis le début de l'allumage jusqu'au moment où le récipient d'alcool carburé sera entièrement vidé.

Pas plus que l'alcool, le carburant ne doit laisser, en s'évaporant, de résidu capable d'obstruer les ori-

1. D'autres dénaturants peuvent aussi être employés dans des cas spéciaux : ainsi, l'alcool destiné à la fabrication des éthers est dénaturé par addition de 10 p. 100 de résidu d'éther et de 10 à 20 p. 100 d'acide sulfurique; le dénaturant est le chlore si l'alcool doit servir à la fabrication du chloral, etc.

fices de sortie, d'encrasser les mèches, etc.; il est bon qu'il ne dégage pas d'odeur gênante, et ne produise pas, comme le pétrole, de suintements désagréables.

Ajoutons qu'il doit être d'un prix peu élevé.

Le carburant qui répond le mieux à ces conditions multiples est la *benzine de houille* ou *benzène*, ou encore le *benzol à 90°* du commerce, qui contient, en moyenne :

Benzène, C^6H^6	85
Toluène, $C^6H^5.CH^3$	14
Xylènes, $C^6H^4.(CH^3)^2$	1
TOTAL	100

Ce produit, de densité 0,86 environ, bout à 80°,4 C., sensiblement à la même température que l'alcool à 90° G.-L. Il exige, pour se vaporiser, 120 calories environ par kilogramme, et, pour le même poids, fournit, en brûlant, de 10 000 à 11 000 calories, selon les échantillons.

L'expérience a montré que le benzène pur ne se sépare pas de l'alcool tant que la température ne descend pas au-dessous de 0° C., si la proportion de benzène n'est pas supérieure à 64 p. 100; le benzol à 90° s'en sépare encore moins facilement. Le mélange à volumes égaux d'alcool à 90° G.-L. et de benzol à 90° ne commence à laisser voir une séparation des constituants que si la température descend à — 18° C. C'est une garantie suffisante pour la pratique courante.

Ce mélange à volumes égaux d'alcool dénaturé à 90° G.-L. et de carburant est dit *alcool carburé à 50 p. 100*.

C'est le plus couramment employé.

Cet alcool carburé à 50 p. 100 a une densité voisine de 0,85; 1 kg., pour se vaporiser, exige 196 calories, et par sa combustion fournit 7 900 calories, en employant 8,3 m³ d'air.

Il s'enflamme à 0° C., c'est-à-dire beaucoup plus facilement que l'alcool dénaturé.

Il brûle avec une flamme éclairante, alors que celle de l'alcool dénaturé ne l'est presque pas.

* * *

Les pouvoirs calorifiques donnés plus haut sont déduits d'expériences diverses, et en dernier lieu, des mesures effectuées par MM. Sorel, Goutal, etc., lors des concours du ministère de l'Agriculture.

La formule de Redtenbacher :

$$P = 7{,}050\ C + 34{,}500\left(H - \frac{O}{8}\right) - 650\ H^2O$$

qui donne la puissance calorifique en partant des poids de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'eau contenus dans 1 kg. du combustible oxygéné, dont l'analyse a été faite, ne fournit que des résultats approchés : il était naturel de n'y recourir qu'à défaut de mesures directes et précises telles que celles qui viennent d'être indiquées.

Après cette énumération sommaire des propriétés de l'alcool industriel, dont l'emploi se répand de plus en plus, et dont la consommation subira un rapide accroissement dès que les prix élevés cotés en ce moment se seront abaissés, nous aurions à faire l'historique des usages de ce combustible national; nous dirons en quelques mots, que :

1° L'éclairage à l'alcool, né d'hier, est déjà parvenu, grâce à ses nombreux avantages, à se généraliser aux dépens de l'éclairage au pétrole et même de l'éclairage électrique;

2° Pour le chauffage, on est parti de la simple et primitive lampe à alcool en verre des anciens laboratoires pour arriver aujourd'hui aux réchauds, poêles et appareils perfectionnés les plus variés;

3° De nombreux moteurs, soit fixes, soit automobiles, emploient maintenant l'alcool, carburé ou non, au lieu de l'essence de pétrole.

Nous allons passer en revue successivement ces diverses applications de l'alcool, en commençant par l'éclairage.

A. — Éclairage

Nous partagerons les appareils d'éclairage en diverses catégories, d'après la façon dont ils utilisent l'alcool; nous décrirons, dans chaque catégorie, des types ayant fait l'objet d'expériences lors des *concours de moteurs et appareils utilisant l'alcool dénaturé* qui ont été organisés en novembre 1901 et en mai 1902, par le ministère de l'Agriculture, dans le but de vulgariser les emplois de l'alcool dénaturé, produit du sol national.

1. — Emploi de l'alcool liquide.

Dans les lampes appartenant à cette catégorie, l'alcool liquide arrive du récipient à la flamme, le plus souvent par l'intermédiaire d'une mèche, sans gazéification préalable : elles sont à *flamme libre*.

L'alcool dénaturé donne une flamme très peu éclairante; aussi les lampes à flamme libre emploient-elles uniquement l'alcool carburé, soit à 35 p. 100 de benzol, comme dans le système Chalmel (fig. 1), soit à 54 p. 100 comme dans la lampe Roy.

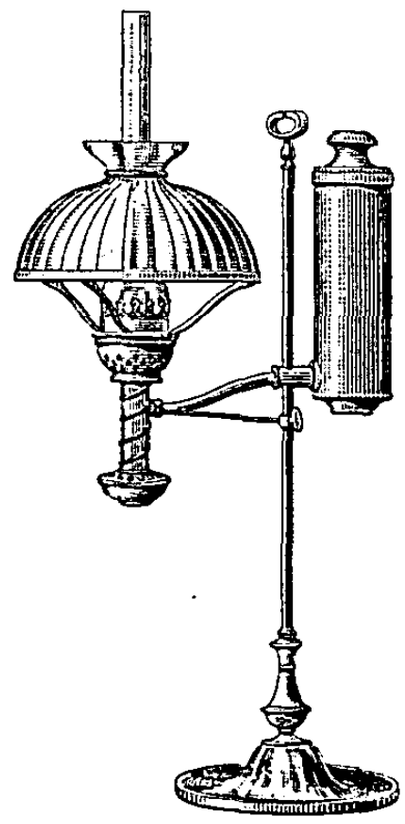


FIG. 1. — LAMPE CHALMEL, A FLAMME LIBRE.

Intensité : 8 bougies. Consommation en alcool carburé à 35 p. 100 : 8,3 gr. par bougie-heure.

Ces lampes ont une mèche ronde, comme les lampes ordinaires à pétrole lampant; dans la lampe Chalmel, la clef est supprimée, on règle la flamme en faisant tourner la monture de la lampe.

D'après les essais de M. Laporte, la lampe Chalmel donne une intensité lumineuse égale à huit bougies, en dépensant 8 gr. 3 par bougie-heure; la lampe Roy donne 12,5 bougies avec une consommation spécifique de 7 gr. 2.

Il n'est question ici que des lampes à flamme

libre qui brûlent de l'alcool carburé par le benzol, et sans manchon Auer.

Remarquons que l'alcool carburé ne donne pas les suintements du pétrole, pas plus que la désagréable odeur qui s'exhale d'une lampe à pétrole à flamme trop basse ou inégale.

2. — Emploi de l'alcool gazeux.

Tous les appareils dont il va être question emploient l'alcool préalablement réduit en vapeur : ce gaz d'alcool y est tout d'abord mélangé à une certaine quantité d'air, exactement comme, dans le bec Auer, et, avant lui, dans le brûleur Bunsen, le gaz d'éclairage était mélangé à une proportion réglable d'air, avant de venir brûler sous forme de flamme bleue, incapable d'éclairer par elle-même, mais très chaude et par suite capable de porter à l'incandescence le tissu du manchon dont Auer l'a coiffée.

La partie délicate de ces appareils est celle où l'alcool est amené à l'état gazeux. Il est conduit en ce point à l'état liquide, soit par capillarité à l'aide de mèches, soit par pression.

L'enceinte, dite *chaudière*, où s'opère la gazéification, est chauffée de diverses façons qui vont nous servir de base pour classer les différents genres de lampes. Nous examinerons successivement les systèmes comportant gazéification de l'alcool par :

A) Une veilleuse permanente;
B) Une flamme dérivée;
C) La flamme même de la lampe;
D) Une tige de récupération.

L'alcool employé dans ces lampes est l'alcool dénaturé, ou bien, surtout dans les foyers de grande intensité, l'alcool carburé.

A. — *L'alcool est gazéifié par une veilleuse permanente.*

Toutes les lampes de ce type présentées aux différents concours brûlent de l'alcool dénaturé : la veilleuse ne pourrait, en effet, être alimentée à l'alcool carburé sans recouvrir de noir de fumée la chaudière et les organes supérieurs de la lampe.

Parmi celles qui ont donné les meilleurs résultats nous pouvons citer la lampe (fig. 2) présentée par la Société la *Continentale nouvelle*; du réservoir, l'alcool monte à la chaudière par des mèches introduites à force dans deux tubes verticaux plats, symétriques et comprenant entre eux une petite veilleuse; l'extrémité supérieure fixe de cette veilleuse peut être plus ou moins découverte par un tube à crémaillère qui en enveloppe la mèche, et par suite fournir, sous la chaudière, une flamme plus ou moins haute, qui vaporise plus ou moins d'alcool. Si on monte le tube-enveloppe jusqu'au contact de la chaudière, la veilleuse, enfermée, s'éteint faute d'air, et bientôt après la lampe elle-même s'éteint à son tour, faute de vapeur d'alcool.

Celle-ci est amenée de la chaudière, où débouchent les extrémités supérieures des mèches, à la partie inférieure d'un tube recourbé latéral aboutissant au bec de Bunsen, à l'aide d'un tube de cuivre se terminant par un ajutage percé d'un petit trou; elle sort de cet ajutage avec force en entraînant avec elle de l'air dans le bec; le tube du bec est coiffé d'un manchon Auer supporté par une fourche axiale.

Une minute environ après que la petite veilleuse a commencé à chauffer, on peut allumer la lampe, par le haut du verre, comme un bec Auer ordinaire.

On le voit, l'inconvénient que présente cette lampe, et toutes les lampes brûlant de l'alcool

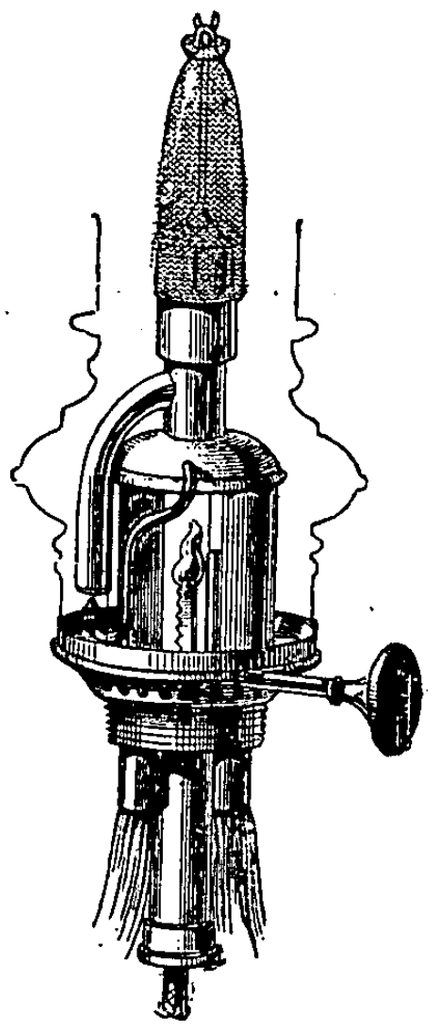


Fig. 2. — Bec de la Continentale nouvelle n° 2, a veilleuse.

Intensité : 31 bougies. Consommation en alcool dénaturé : 1,77 gr. par bougie-heure. (Galerie figurée par un simple trait).

gazéifié sont dans le même cas, est de ne fournir de la lumière qu'au bout d'un certain temps employé à commencer la vaporisation de l'alcool.

Aux essais, le type dit « Bec préféré n° 2 » de cette société a fourni 31 bougies, avec une consommation de 1 gr. 77 d'alcool dénaturé par bougie-heure.

B. — *L'alcool est gazéifié par une flamme dérivée.*

Dans les lampes de ce système, la veilleuse est remplacée par des jets enflammés du gaz d'alcool produit dans la chaudière et dérivé, à l'aide d'un tube partant de celle-ci, vers des points à échauffer.

L'échauffement initial de la chaudière, puis l'allumage de la flamme dérivée et celle de la lampe nécessitent l'emploi momentané d'un foyer auxiliaire qui suffit en général à cette triple tâche : on se sert pour cela d'une *topette*, petite éponge *que l'on plonge dans l'alcool*, dont elle s'imbibe, que l'on introduit sous la chaudière de la lampe et à laquelle on met le feu.

A suivre.

C. JANVIER,
Ancien élève de l'École Polytechnique.

Bulletin Météorologique

Août 1903.

Le mois d'août a été très mauvais dans le nord et l'ouest de l'Europe. A Paris, la température moyenne du mois (moyenne des maxima et des minima) 17°,5, est inférieure de un demi-degré environ à la normale. Les extrêmes ne présentent cependant rien d'exceptionnel, le minimum 9°,1 a été noté le 30; le plus bas qui ait été observé depuis cinquante-trois ans est de 5°,1 en 1864. Le maximum a été seulement de 29°,1 (le 8); il est inférieur à ceux des mois de juin et de juillet. La plus haute température observée en août est de 37°,4 en 1857.

Les chutes de pluie ont été très fréquentes; elles ont donné en tout 54 mm. 3 d'eau, quantité supérieure de 16 mm. 5 à la normale. On a compté seize jours de pluie dont onze consécutifs du 13 au 23; il y a eu en outre quelques jours de gouttes.

Il n'est d'ailleurs pas rare d'observer en août des pluies aussi fréquentes : depuis 1873, on a noté sept fois des fréquences égales ou supérieures à celle de cette année : en 1878 on a compté vingt-deux jours pluvieux et en 1894, vingt et un jours.

La distribution de pression est restée sensiblement la même pendant tout le mois. Les fortes pressions ont persisté autour des Açores, une pointe s'avançant sur la péninsule ibérique et le sud de la France; à Horta, le baromètre a varié de 762 mm. à 770 mm., en se tenant le plus souvent à cette dernière hauteur.

Dans le nord de l'Europe, au contraire, de nombreuses dépressions ont circulé de l'ouest à l'est, amenant sur toutes nos régions, mais principalement dans le nord, le régime des vents d'ouest avec averses orageuses et température voisine de la normale. A Paris, les vents d'est ont fait presque totalement défaut; ils n'ont soufflé momentanément que pendant trois jours.

Les dépressions ont été exceptionnellement nombreuses et profondes pour la saison. Du 1er au 31, on n'a pas compté moins de quinze minima qui ont passé sur les Iles-Britanniques. Une, entre autres, a été remarquable par l'amplitude des mouvements barométriques qu'elle a amenés. Le 13, le baromètre baisse à Valentia, d'abord lentement, dans la matinée, puis très rapidement, à raison de un millimètre par heure environ, dans l'après-midi, et pendant la nuit du 13 au 14. A huit heures du matin le 14, le baromètre marque 736 mm., en baisse de 23 mm. sur la veille. Le vent prend de la force du sud à Brest et à Lorient. Le centre de la dépression marche ensuite vers le nord-est, et le 15, au matin, on le trouve entre l'Irlande et l'Écosse, le baromètre descend à 731 mm. 5 à Donaghadee.

Le temps est très mauvais sur les Iles-Britanniques et le nord-ouest de la France; le vent souffle en tempête d'ouest en Irlande; des coups de vent sont signalés au Pas-de-Calais et à la pointe du Cotentin; la mer est grosse à Cherbourg, à Ouessant et à Belle-Isle. Des pluies abondantes tombent sur le nord de la France; on recueille, en vingt-quatre heures : 38 mm. d'eau à Chassiron; 30 mm. au Cap Gris-Nez, 23 mm. à Charleville, 21 mm. à Boulogne. La dépression s'éloigne ensuite vers le nord, et le vent se calme généralement. A la tour Eiffel, sa vitesse a atteint 22 m. par seconde le 15.

Du 17 au 25, les dépressions sont moins profondes, mais elles n'en amènent pas moins des pluies orageuses abondantes dans toutes les régions. Dans le midi, des orages violents éclatent du 22 au 24, des dégâts importants sont signalés dans le Gers, le Lot-et-Garonne et la Gironde. En vingt-quatre heures, on recueille 55 mm. d'eau au Puy-de-Dôme, 56 à Brest, 32 au Mans. Dans la région parisienne, un grand orage éclate le 23 à quatre heures de l'après-midi; il est suivi d'une très forte pluie qui donne 30 mm. au bureau central météorologique, 23 au Parc Saint-Maur.

A partir du 26, la situation s'améliore en France à la suite d'une forte hausse barométrique. Les fortes pressions s'établissent sur nos régions, le vent devient faible et variable, le ciel généralement beau. Les dépressions continuent bien à circuler dans le nord de l'Europe, mais elles sont plus éloignées, et leur influence ne s'étend qu'au littoral de la Manche.

CH. GOUTEREAU.

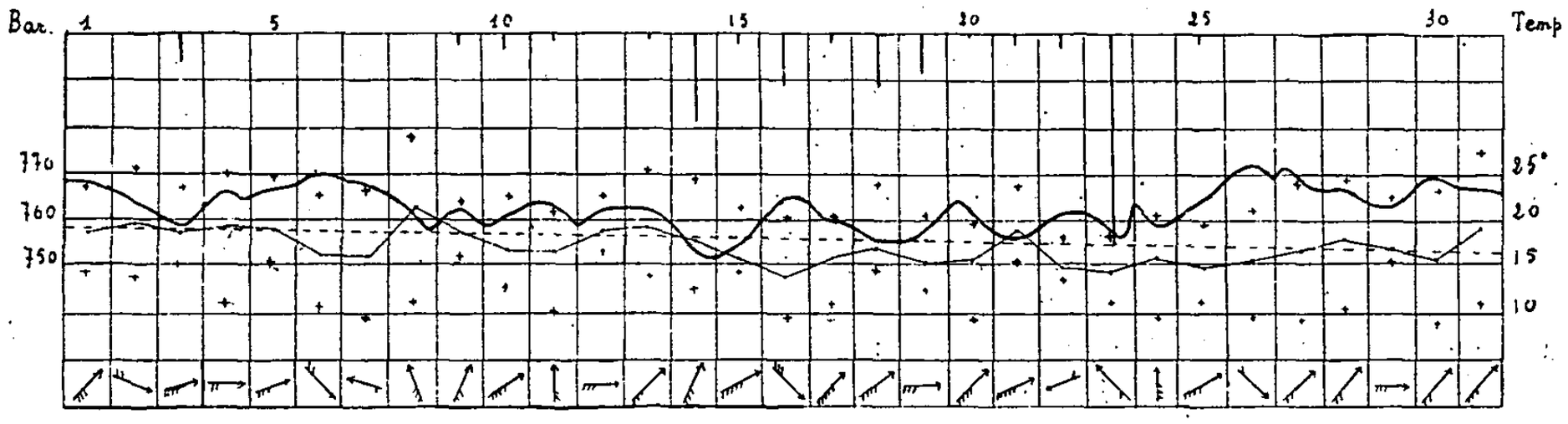


DIAGRAMME DES OBSERVATIONS DU PARC SAINT-MAUR. — AOÛT 1903

(D'après le *Bulletin international* du Bureau central météorologique.)

La courbe du trait plein représente la marche du baromètre, ramené au niveau de la mer. — Les croix indiquent les températures maxima et minima; les points reliés par des traits fins, les températures moyennes de chaque jour. — La courbe pointillée donne la température normale de chaque jour du mois. — La direction du vent est figurée par des flèches, la force par le nombre de pennes 0 (calme) à 9 (tempête). — Les traits gras verticaux partant du haut donnent la hauteur des pluies (1 mm. pour 1 m. d'eau.)

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

TECHNOLOGIE

LES MACHINES FRIGORIFIQUES.

D'invention relativement récente, les *machines frigorifiques* prennent chaque année une place plus importante dans diverses branches de l'industrie. Les fabriques de dynamite, de caoutchouc, de paraffine, de bougies, de produits chimiques, les chocolateries, les sucreries, les distilleries, les brasseries surtout, ne sauraient plus se passer de leur concours.

Mais la fabrication de la glace et la réfrigération des salles affectées à la conservation des matières alimentaires (fig. 1) constituent actuellement les deux applications les plus importantes du froid artificiel.

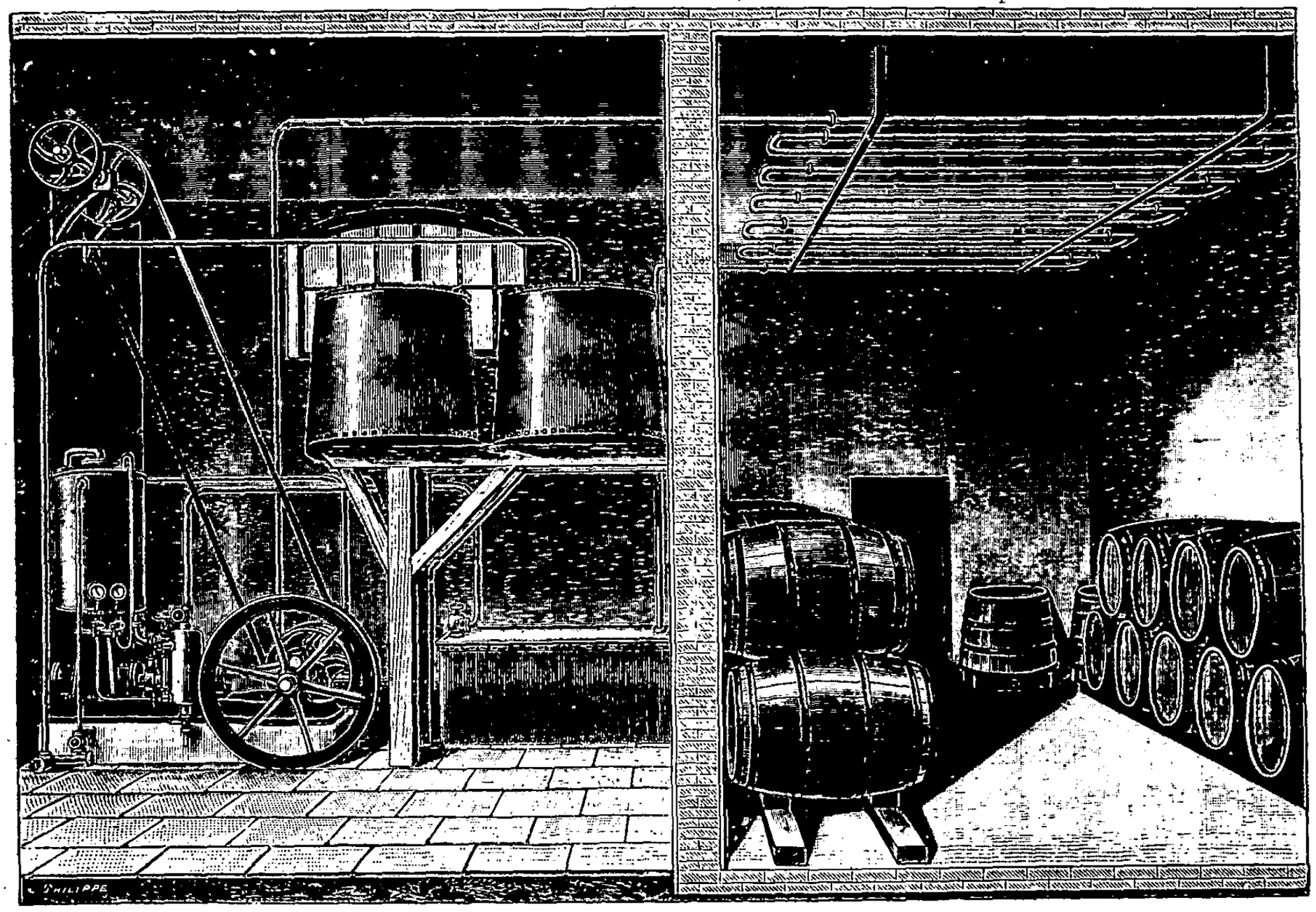


FIG. 1.

APPAREIL A COMPRESSION D'AMMONIAQUE ACTIONNÉ PAR MACHINE A VAPEUR.

INSTALLATION POUR LA PRODUCTION DE LA GLACE ET LE REFROIDISSEMENT D'UNE CAVE DE BRASSERIE PAR LA CIRCULATION D'UNE DISSOLUTION DE CHLORURE DE CALCIUM.

En Amérique, en Angleterre, en Allemagne, en Russie, les dépôts frigorifiques privés ou publics se multiplient avec une rapidité chaque jour croissante. On y conserve pendant des semaines, et parfois des mois, les viandes, les légumes, les fruits, les œufs, le beurre, en attendant le moment favorable à la vente. Des vagons, des navires sont aménagés de façon à permettre, grâce à une température voisine de zéro, le transport de ces matières à grande distance.

A Londres, on reçoit couramment en hiver des raisins, des pèches, des abricots venant du Cap; du lait congelé en blocs énormes arrive, sans altération, de Suède et de Danemark; des quantités très considérables de beurre frais sont expédiées du Canada, de la République Argentine, de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande.

Des entrepôts reçoivent et emmagasinent ces produits; un seul d'entre eux, installé sur les bords de la Tamise, possède des chambres froides en nombre suffisant pour contenir 250 000 moutons.

Une simple énumération des services que rendent actuellement les machines frigorifiques, et de ceux qu'elles rendront certainement par la suite, occuperait plusieurs pages de texte.

Il est malheureusement nécessaire d'ajouter que la France n'est encore entrée qu'avec une grande hésitation dans la voie de l'application du froid à la conservation et au transport des divers produits agricoles. Il s'agit là, pourtant, d'une question d'importance pour ainsi dire vitale. En particulier, notre commerce d'exportation du beurre, des œufs, de la volaille, des fruits, risque d'être ruiné par la concurrence étrangère si nos cultivateurs, nos commerçants syndiqués, si nos diverses compagnies de transport ne se décident pas à utiliser de la façon la plus large les remarquables propriétés antiseptiques du froid.

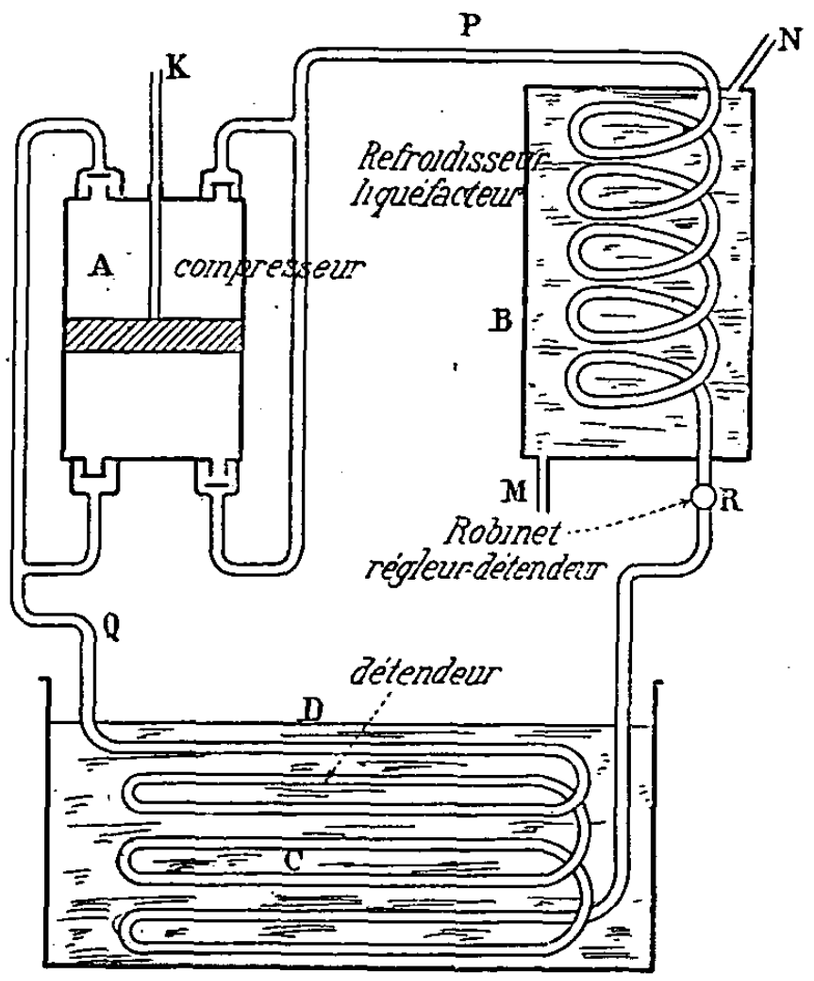


FIG. 2. — SCHÉMA D'UNE MACHINE FRIGORIFIQUE A COMPRESSION.

Il n'est pas nécessaire d'insister davantage sur ce point pour faire comprendre l'intérêt qui s'attache à la connaissance des principaux organes dont est composée une machine frigorifique. Dans les lignes qui vont suivre, nous indiquerons quels sont ces organes, sans entrer dans aucun développement technique relatif aux détails de leur construction.

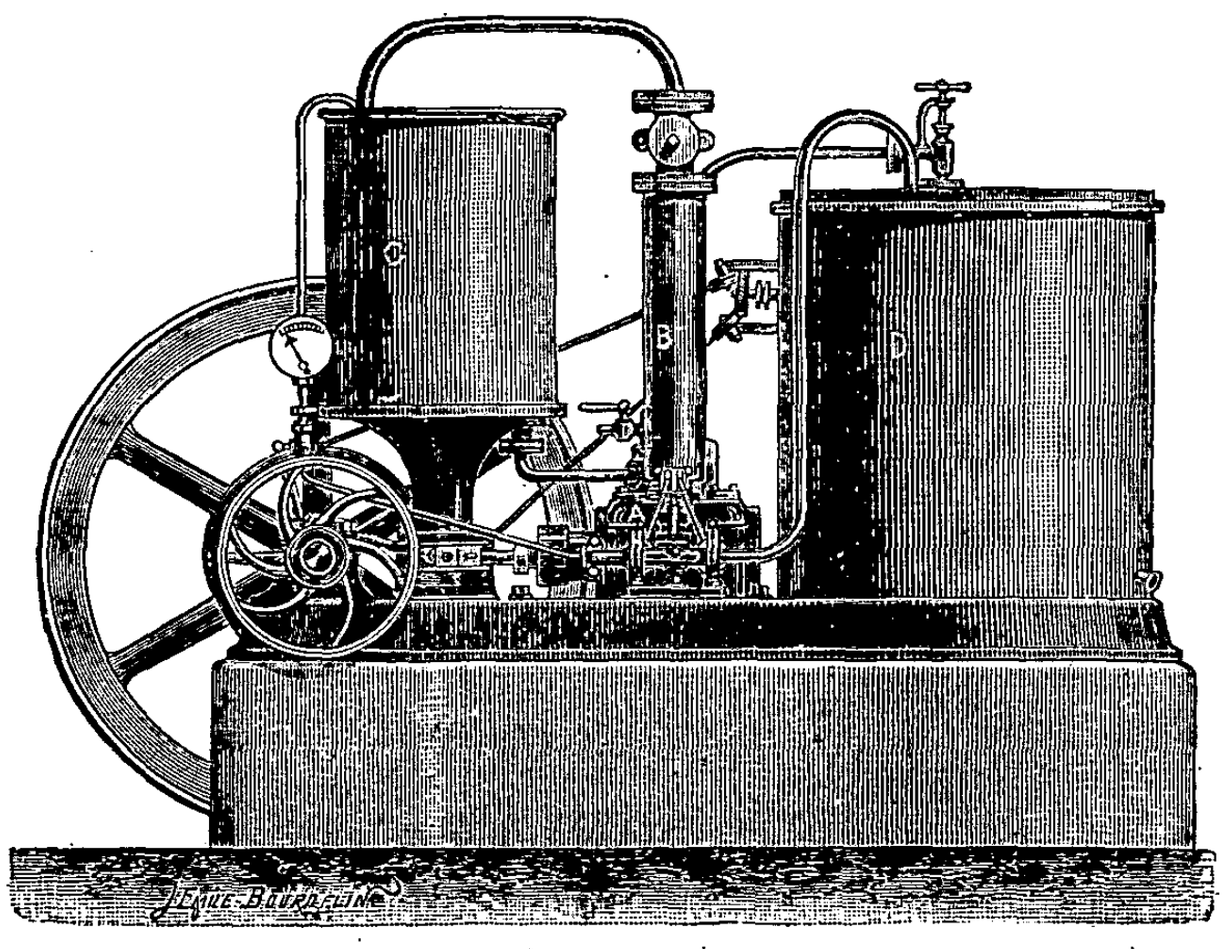


FIG. 3. — MACHINES A COMPRESSION (12 kg.).
Le compresseur A (pompe aspirante et foulante) aspire les vapeurs ammoniacales produites dans le réfrigérant D et les refoule dans le liquéfacteur C, où elles se condensent; auparavant elles traversent le séparateur d'huile B.

Principe des machines frigorifiques.

Dans les machines frigorifiques, le refroidissement est dû, soit à la *détente* de l'air préalablement comprimé, soit à l'*évaporation* rapide d'un liquide très volatil.

La première *machine à air* fut construite par Giffard en 1873. Une pompe aspirante et foulante aspire l'air extérieur et le comprime, ce qui l'échauffe. Cet air comprimé est refoulé dans une série de tubes entourés d'une circulation d'eau froide. Là, il se refroidit et prend à peu près la température ordinaire. La détente produit alors un très grand abaissement de température. L'air ainsi refroidi n'a plus qu'à passer dans les chambres dont on veut obtenir le refroidissement.

Après avoir eu un moment de grande vogue, les machines à air sont aujourd'hui bien délaissées.

On leur préfère les *machines à gaz liquéfiable*. La première, une machine à *éther*, date de 1834, elle peut être considérée comme l'origine des appareils actuels.

Plus tard, en 1850, Carré construisit la

machine domestique à *ammoniaque*, encore employée; on la trouve décrite dans tous les traités élémentaires de Physique.

Successivement perfectionnée par Carré, par Mignon et Rouart, par le professeur Linde, et tant d'autres, la machine à ammoniaque est de beaucoup la plus répandue aujourd'hui. Tantôt elle utilise la *dissolution ammoniacale*, comme dans la première machine domestique de 1850 (on la nomme alors *machine à affinité*); tantôt elle utilise le gaz ammoniac sec, alternativement liquéfié et évaporé dans un cycle fermé.

Bien d'autres gaz liquéfiables peuvent être substitués au gaz ammoniac. Tels sont : le *chlorure de méthyle*, l'*éther méthylique*, l'*anhydride sulfureux* (machines R. Pictet), le *gaz carbonique* (machines Windhausen). Il serait bien long d'indiquer ici les avantages et les inconvénients de chacun de ces gaz; nous insisterons uniquement sur les machines à ammoniaque, puisque leur importance est actuellement tout à fait prépondérante.

Quel que soit le gaz, d'ailleurs, les organes essentiels restent les mêmes, et les différences n'apparaissent que dans les détails de construction.

Une pompe aspirante et foulante (fig. 2), dite *compresseur*, prend le gaz, le comprime fortement, et le refoule dans un *refroidisseur-liquéfacteur*. Là, le gaz, entouré d'une circulation d'eau froide, perd la chaleur qui lui avait été communiquée par le fait de la compression, et il se condense à l'état liquide. Du refroidisseur, le liquide passe, par l'intermédiaire d'un robinet de réglage, dans un *détendeur* où il subit une évaporation rapide, accompagnée d'un grand refroidissement. Autour du détendeur sont les substances qui doivent utiliser le refroidissement.

A la sortie du détendeur, le gaz qui s'est reformé retourne au compresseur, car toutes les machines à gaz liquéfiable sont à *cycle fermé*.

La figure très simple ci-jointe (fig. 2) et les indications qui l'accompagnent font nettement comprendre les dispositions fondamentales de la machine, quel que soit le gaz employé.

La *machine à dissolution ammoniacale*, ou *à affinité*, est un peu plus compliquée; mais le principe en est tout aussi simple.

Le schéma (fig. 4) en indique le fonctionnement. Une chaudière A renferme la dissolution ammoniacale. Elle est chauffée à feu nu ou à la vapeur (fig. 5). Le gaz qui s'en échappe passe

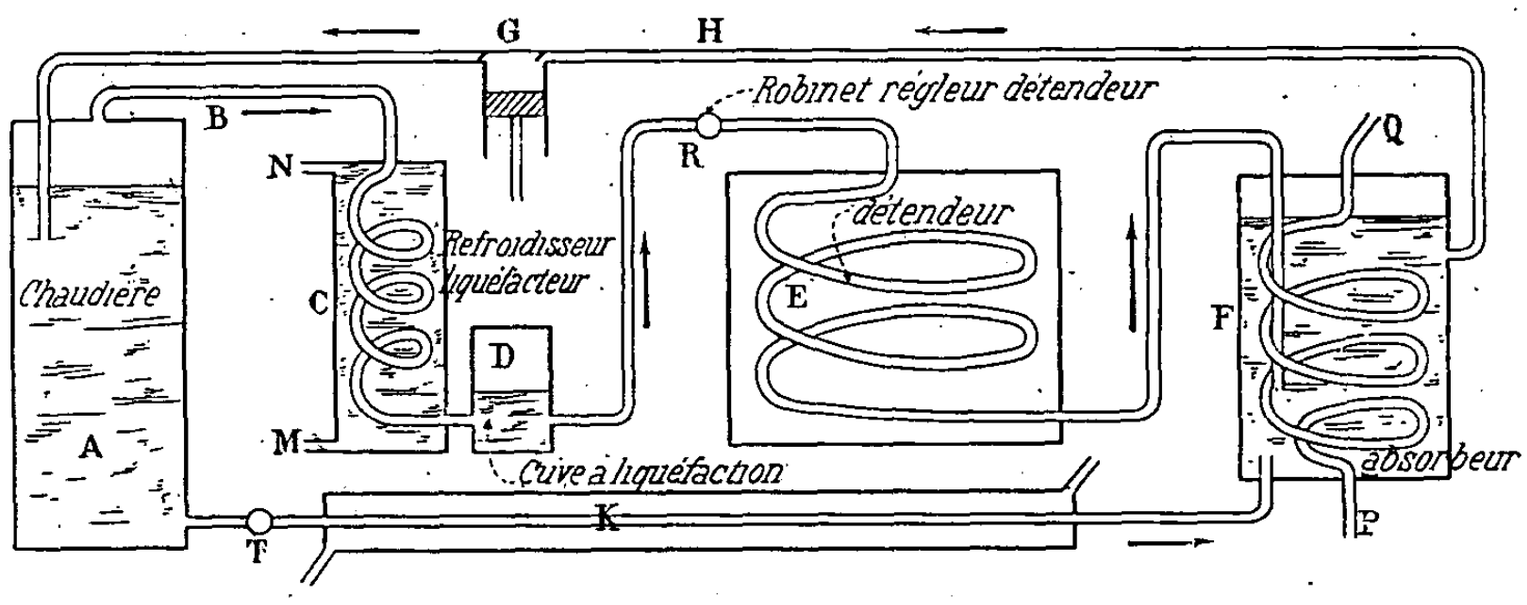


FIG. 4. — SCHÉMA D'UNE MACHINE FRIGORIFIQUE A DISSOLUTION AMMONIACALE OU A AFFINITÉ.

dans un serpentin C entouré d'eau fraîche, où il reprend la température ordinaire; de là il passe dans le réservoir D, où il prend l'état liquide, sous l'influence de la forte pression qui règne dans toute la partie de l'enceinte comprise entre la chaudière, qui dégage constamment des torrents de gaz, et un robinet de réglage R. Quand on ouvre de façon convenable ce robinet de réglage, le liquide, refoulé par la pression qui règne en D, s'écoule par ce robinet, et arrive dans le serpentin détendeur E, où il s'évapore rapidement, donnant du gaz ammoniac à très basse température; le froid produit agit sur les substances qui entourent le serpentin détendeur E, ou *réfrigérant*.

Après avoir traversé le détendeur, l'ammoniaque arrive dans un réservoir F plein d'eau froide, où il se dissout. Une pompe G refoule la dissolution concentrée ainsi formée dans la chaudière de tête A, tandis que le liquide appauvri contenu dans cette chaudière arrive au réservoir de queue F, par le tuyau K, pour s'y enrichir au contact du gaz ammoniac.

Le cycle est donc fermé, et la marche continue comme dans les appareils à gaz anhydre.

Ces machines à affinité sont plus compliquées

que celles à gaz anhydre, mais elles rachètent ce défaut par la suppression du moteur indispensable au fonctionnement des autres. Le *compresseur* est en effet remplacé ici par l'action de la chaleur sur la dissolution A (fig. 5).

Réfrigérants pour la fabrication de la glace.

Ce n'est pas tout d'avoir des machines productrices de froid. Il faut y adapter des dispositions permettant d'utiliser convenablement ce froid.

Prenons d'abord pour exemple le système employé pour la fabrication de la glace. Il est simple et le même partout. Un bac, de dimensions convenables, renferme un liquide incongelable à la température qui doit être obtenue. C'est toujours une dissolution concentrée de *chlorure de calcium* ou de *sel marin*.

Dans ce bain incongelable circule le serpentin qui constitue le *détendeur*. C'est là qu'a lieu, comme nous l'avons vu, la vaporisation rapide et la détente de l'agent frigorifique (anhydride sulfureux, ammoniaque, anhydride carbonique), vaporisation et détente desquelles résulte un abaissement considérable de la température du serpentin, et, par suite, du bassin incongelable dans lequel il se trouve plongé.

Des mouleaux de forme prismatique, remplis d'eau, sont immergés dans la solution froide du bac, de telle sorte que la formation de la glace s'y produit progressivement. Quand elle est complète, on soulève les mouleaux, on enlève les prismes de glace, que l'on remplace par une nouvelle charge d'eau.

Une petite hélice, ou une turbine constamment en rotation, assure une circulation non interrompue de la dissolution saline autour du serpentin détendeur et des mouleaux, condition indispensable aux échanges de chaleur.

C'est ainsi que, dans la belle usine de Billancourt (aux portes de Paris), appartenant à la *Société des glaciers de Paris*, le bac à chlorure de calcium renferme 4 600 mouleaux contenant chacun 130 kilogr. d'eau à congeler. Le serpentin détendeur qui circule dans la dissolution a plusieurs centaines de mètres de longueur. En marche normale, la température du bain froid est de 7 à 8 degrés au-dessous de zéro, et chaque mouleau fournit un bloc de glace transparente toutes les soixante-douze heures, ce qui assure une production journalière de 200 000 kilogr. En activant la marche des machines frigorifiques, il est aisé d'abaisser davantage la température; le démoulage peut alors se faire au bout de soixante heures, et la production quotidienne est portée à 250 000 kilogr.

Il est à peine besoin d'ajouter que les opérations de démoulage des blocs de glace et de remplissage des mouleaux se font mécaniquement; deux hommes, en tout, suffisent à ce service.

Quant aux blocs de glace, ils se rendent d'eux-mêmes, au fur et à mesure de leur sortie des mouleaux, dans une immense chambre froide, maintenue à une température de 3 degrés au-dessous de zéro. Il y a là constamment une provision de glace capable de suffire à la vente pendant plusieurs jours, quand on est obligé de suspendre momentanément la fabrication pour une cause quelconque.

Réfrigérants pour chambres froides.

Les chambres destinées à la conservation des matières alimentaires, à la régularisation de la fermentation dans les brasseries, à la conservation de la glace elle-même, sont refroidies par des procédés plus variés.

Nous avons vu que les machines à air fournissent immédiatement une grande masse d'air froid. On n'a qu'à l'envoyer dans les chambres pour les porter à la température convenable. Mais ces machines sont actuellement bien délaissées.

Le premier système de réfrigérant qui ait été employé de façon courante avec les machines à gaz liquéfiable est le système par circulation de liquide incongelable.

Dans le bac froid à chlorure de calcium est immergé un serpentin communiquant avec un second serpentin installé près du plafond de la chambre à refroidir (fig. 1). L'ensemble de ces deux serpentins constitue un cycle fermé dans lequel une pompe aspirante et foulante assure une circulation continue d'une dissolution concentrée de chlorure de calcium. Quand elle passe dans le serpentin immergé dans la saumure du bac, cette dissolution se refroidit, et elle va ensuite refroidir l'air de la chambre.

On préfère aujourd'hui opérer par détente directe du gaz liquéfié, ce qui rend l'installation beaucoup plus simple et, par suite, plus économique. Il n'y a plus qu'un seul serpentin, celui de la chambre froide, et ce serpentin unique n'est autre chose que le *détendeur* lui-même

de la machine frigorifique. C'est-à-dire que le gaz liquéfié arrive immédiatement, par l'ouverture d'un robinet de détente, dans le serpentin placé au plafond de la chambre. La vaporisation et la détente, causes du refroidissement, ont donc lieu directement dans la chambre. Puis le gaz fait retour au compresseur de la machine.

En outre de l'avantage d'être plus économique, cette solution a celui de commencer le refroidissement de la chambre dès la mise en marche de l'appareil.

La seule difficulté, surmontée depuis longtemps de façon parfaite, est dans la construction du serpentin, qui doit pouvoir supporter sans aucune fuite la pression considérable du gaz intérieur. Car une fuite, même assez légère, de gaz ammoniac ou d'anhydride sulfureux peut déterminer la perte de toutes les matières alimentaires renfermées dans la chambre au moment où elle se produit.

Il y a cependant un inconvénient grave à ce mode de refroidissement; c'est qu'il n'assure pas la *ventilation* des chambres, et, dans beaucoup de cas, cette ventilation est indispensable à la conservation des matières alimentaires.

On a, dans ce cas, avantage à adopter le système *frigorifère*. Voici le principe du plus simple des frigorifères, qui est en même temps le plus employé. Le serpentin détendeur, fort long, et un grand nombre de fois enroulé sur lui-même, est contenu dans une caisse complètement close, constituant ainsi une petite chambre à refroidissement direct. Un ventilateur, constamment en mouvement, aspire l'air du dehors par un tuyaux d'arrivée, le fait passer dans la caisse, où il se refroidit au contact du serpentin, et, le faisant sortir par un autre tuyau, l'envoie dans la chambre à refroidir.

Cette chambre est donc constamment traversée par un lent courant d'air froid, qui entre par un bout et sort par l'autre. C'est, en somme, la solution obtenue directement par les machines à détente d'air, qui intervient ici grâce à l'interposition du frigorifère.

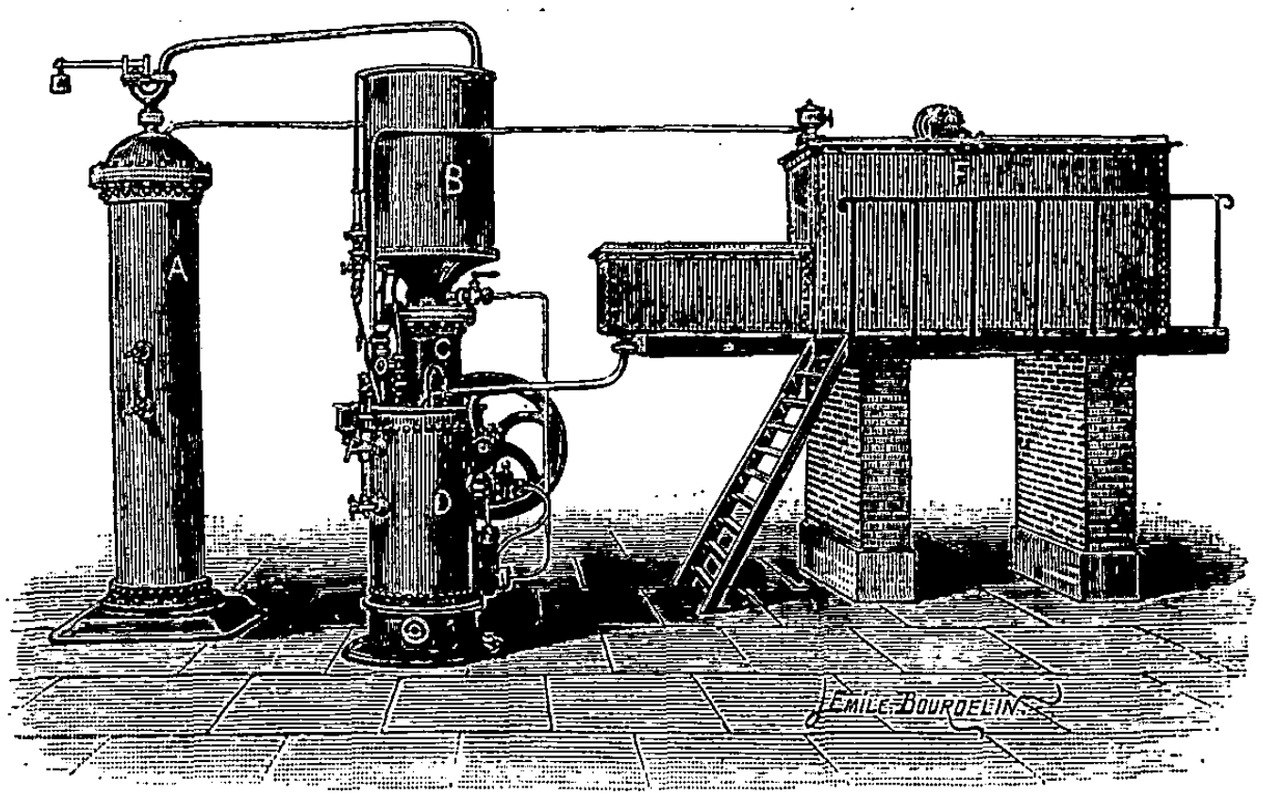


FIG. 5. — APPAREIL D'ABSORPTION CHAUFFÉ A LA VAPEUR.

Isolement des bacs et des chambres.

La production du froid dans les bacs et dans les chambres serait très dispendieuse si on ne mettait obstacle à l'entrée de la chaleur venant du dehors.

Aussi de grandes précautions sont-elles prises pour assurer un isolement aussi parfait que possible.

Les parois des chambres sont généralement construites avec des substances mauvaises conductrices de la chaleur, telles que : doubles planches de sapin, blocs de liège aggloméré. De plus, entre les parois, qui sont généralement doubles, sont ménagés des espaces qui sont remplis de sciure de bois, de tourbe, de charbon pilé, etc.

On obtient ainsi un isolement qui, s'il n'empêche pas les rentrées de chaleur, les diminue considérablement.

Les portes sont également construites en matières isolantes, fort épaisses, et disposées de façon à assurer une fermeture hermétique.

Forage des puits dans les terrains aquifères.

Pour prévenir les éboulements on place tout autour de l'endroit où l'on veut forer le le puits des trous allant jusqu'à l'assise solide. On y place des tubes avec retour et on y fait activement circuler le liquide refroidi par une machine.

La masse se prend bientôt en un énorme glaçon et le travail peut être fait en toute sécurité.

Exemple de conservation de matières alimentaires.

Il ne sera pas mauvais d'indiquer, par un exemple, comment on procède pour assurer la conservation des matières alimentaires.

Nous considérerons pour cela l'ensemble des dispositions adoptées par le service des *Subsistances militaires* pour la conservation de la viande dans les places de guerre.

La manière d'opérer varie suivant qu'il s'agit de constituer des approvisionnements partiels, de durée limitée, et renouvelés périodiquement, ou de procéder rapidement au remplissage total des chambres froides, en vue d'une période de longue durée, comme celle du siège d'une place investie.

Dans l'un et l'autre cas, deux conditions essentielles sont nécessaires : abaissement de la température et siccité du milieu ambiant. Toutes les fois que cette seconde condition n'est pas remplie, la viande perd vite son aspect normal; elle change de couleur, se couvre en certains points de moisissures, et se gâte ensuite rapidement à l'air libre, à la sortie des chambres.

Pour une conservation inférieure à trois semaines, une température voisine de 0°, en chambre sèche, est suffisante.

Quand la conservation doit dépasser vingt jours, et rester inférieure à trois mois, la température nécessaire est de 4 à 5 degrés au-dessous de zéro. Il se produit alors une congélation des tissus, qui s'étend lentement de la surface aux couches profondes. Ainsi traitée, la viande conserve toutes ses qualités, quoi qu'elle soit légèrement boucanée à sa surface.

Enfin, quand la durée de la conservation doit excéder trois mois, il est nécessaire que la congélation s'étende, dès le début du traitement, jusqu'aux parties les plus profondes : c'est ce qu'on nomme la *congélation à cœur*.

On obtient ce résultat en plaçant les viandes dans des locaux à une température comprise entre — 20° et — 25°. S'il s'agit de quartiers de bœuf, la congélation à cœur demande, dans ces locaux, de 60 à 72 heures. Au bout de ce temps, on transporte les quartiers dans des chambres sèches à — 5°. Dans ces conditions, la congélation obtenue se maintient, et la conservation est pour ainsi dire de durée illimitée. Une fois dégelée, même après plus de douze mois, la viande retrouve l'aspect, la saveur et toutes les qualités de la viande fraîche. Elle n'est pas même boucanée à la surface, comme cela se produit quand on a obtenu la congélation lente dans une atmosphère à — 4°.

Examinons maintenant le cas où, en prévision d'un investissement, les approvisionnements doivent être faits au complet, dans le temps le plus court possible.

Au fur et à mesure que fonctionne l'abattage des animaux, les quartiers sont abandonnés à l'air libre, pendant 12 à 24 heures, puis suspendus dans les chambres à — 5° (*chambres de conservation*), où ils subissent un commencement de refroidissement. De là ils passent, après un ou deux jours, dans les chambres à — 25° (*chambres de congélation*), où ils restent de 50 à 72 heures. Enfin on les installe de nouveau, et cette fois à demeure, dans des chambres de conservation.

Dans les deux premières phases de l'opération, les quartiers sont suspendus au plafond, suffisamment espacés les uns des autres pour que toute leur surface soit bien exposée au contact de l'air réfrigérant, maintenu en circulation active.

Dans la troisième phase, les quartiers ne sont plus suspendus, mais empilés les uns sur les autres, ce qui leur permet d'occuper un cube trois fois moindre.

Quand arrive ensuite le moment de la mise en consommation, les quartiers congelés sont sortis des chambres et portés à l'air libre, où ils se dégèlent progressivement. Un quartier de bœuf congelé à cœur, et placé dans une atmosphère à + 25°, n'est complètement décongelé qu'après 72 heures. Et, pendant ces 72 heures, aucune altération n'est à craindre, si on évite l'exposition au soleil.

Si on désire activer le dégel, en vue d'une utilisation immédiate, on n'a qu'à couper les quartiers en morceaux.

Plus souvent on désire, au contraire, retarder le dégel, ce qui assure une conservation de plus longue durée, à partir de la sortie des chambres. On enveloppe alors les quartiers dans une chemise de cotonnade, puis on les entoure d'une substance peu conductrice de la chaleur (tourbe, poussière de charbon, sciure de bois, paille).

Une fois entièrement dégelée, la viande s'altère peut-être plus rapidement que la viande fraîche. On peut retarder cette altération en maintenant les morceaux plongés pendant dix minutes dans de l'eau bouillante.

ÉMILE BOUANT,
Professeur agrégé au lycée Charlemagne.

NAVIGATION

LES EXPÉDITIONS POLAIRES ET LES NAVIRES BRISE-GLACE.

Au moment où trois expéditions, dont une française, se dirigent vers le pôle Sud, à la recherche de *Nordenskjold*, il m'a paru intéressant de signaler aux lecteurs de *La Science au XX^e^ siècle* une tentative récente, faite par le vice-amiral *Makarov*, dans le but de vaincre les glaces polaires au moyen d'un navire *brise-glace*.

Outre l'intérêt purement scientifique que présente l'exploration de la mer Arctique et des régions polaires, la question de la navigation dans les eaux couvertes de glace a, pour la Russie en particulier, une importance capitale.

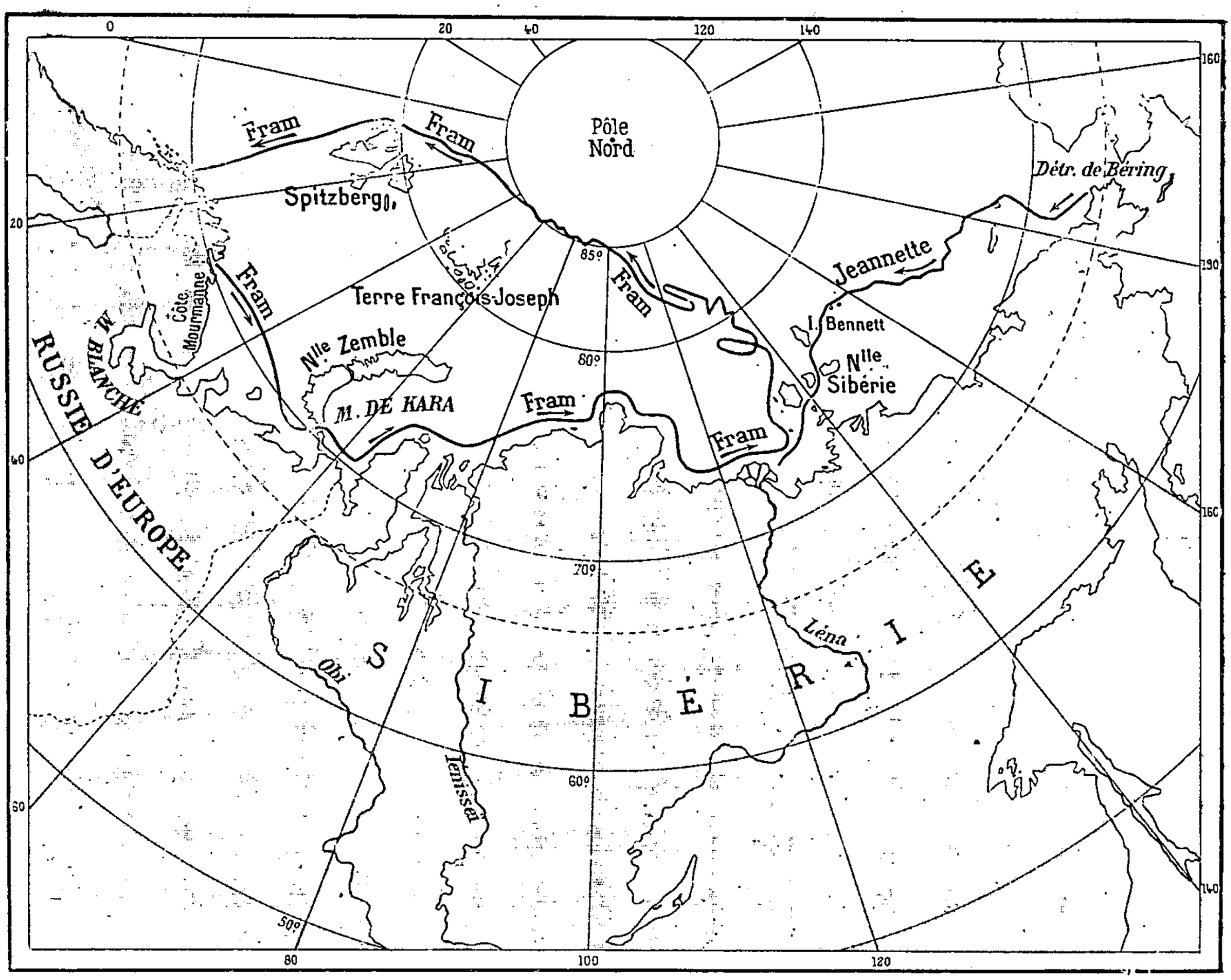


FIG. 1. — TRAJECTOIRES DE LA « JEANNETTE » ET DU « FRAM ».

En effet, les ports russes les plus importants se trouvent pris par les glaces une bonne partie de l'année : *Nicolaëw*, sur la mer Noire, pendant un à deux mois; *Vladivostok*, sur l'océan Pacifique, durant quatre à cinq mois; tous les ports de la Baltique ne sont ouverts que sept à huit mois par an, et *Saint-Pétersbourg* demeure fermé au commerce maritime cinq longs mois! Enfin, toute la côte septentrionale — la façade de l'Empire russe, — tournée vers le pôle Nord, est presque toujours bloquée par les glaces. La magnifique baie d'Arkhangel dans la mer Blanche n'est navigable que pendant quatre à cinq mois par an, et les fleuves immenses de la Sibérie ne le sont qu'en juin et juillet, parfois un mois seulement. On voit même des années, comme en 1899, où ces fleuves ne deviennent à aucun moment navi-

gables. Et pourtant, la plupart d'entre eux, notamment l'*Obi*, l'*Iénisseï* et la *Léna*, auraient pu servir de superbes voies de communication (fig. 1). C'est ainsi que les navires marchands venant de l'Atlantique peuvent, sans aucune difficulté, remonter l'*Iénisseï* jusqu'à la ville *Iénisseisk*, située à 2 000 km. de la côte, d'où des bateaux de plus faible tirage vont jusqu'à la frontière chinoise, parcourant encore plus de 1 000 km.

Depuis le XVI^e^ siècle, les habitants de la côte du *Mourman* et de la *Laponie* ont fait des efforts pour établir la navigation entre la mer Blanche et les fleuves sibériens durant la courte période de l'été polaire. Malgré la petitesse de leurs bateaux et l'insuffisance de leurs moyens d'action, ils ont créé des communications avec plusieurs points de la côte sibérienne, et ils ont fourni des renseignements d'une très grande utilité pour les expéditions ultérieures.

En même temps les Anglais et les Hollandais, désireux de trouver une voie vers l'Inde et la Chine, plus courte que celle qui contourne l'Afrique, ont organisé plusieurs expéditions, les unes vers le Nord-Ouest, en passant au nord de l'Amérique, les autres le long des côtes sibériennes. Ces expéditions n'ayant pas donné de grands résultats, la question de la voie océanique arctique est demeurée ouverte jusqu'au XVIII^e^ siècle.

C'est alors que Pierre le Grand chargea le Danois *Behring* d'une mission qui avait pour objet de voir si l'Asie est reliée à l'Amérique par une terre ou si, au contraire, il existe un détroit entre ces deux continents. Le résultat de cette mission fut la découverte du détroit qui reçut le nom de Behring (fig. 1).

Sous les successeurs de Pierre le Grand, Behring explore la mer Arctique. Cet intrépide et savant navigateur parcourut en dix années, 1734 à 1744, plusieurs fois l'océan Glacial de la mer Blanche au Japon et à l'Amérique du Nord. Ses descriptions et les mesures qu'il a effectuées le long de la côte nord de l'Asie ont servi pendant plus d'un siècle. Elles furent les seules données scientifiques jusqu'aux explorations les plus récentes.

Au commencement du XIX^e^ siècle, le gouvernement russe envoya plusieurs expéditions à la Nouvelle-Zemble pour explorer cet archipel et la mer de Kara.

Mais c'est à partir de l'année 1845 que commence le véritable sport scientifique polaire, auquel tous les peuples de l'Europe et de l'Amérique ont pris une part plus ou moins active. Il fut inauguré par les Anglais avec l'expédition de sir *John Franklin* en 1845. Comme on restait sans nouvelles de cet explorateur, sa femme et le gouvernement britannique organisèrent plusieurs expéditions pour retrouver le navire et son équipage, perdus dans les glaces. Des souscriptions furent ouvertes en Amérique, les Américains ayant voulu participer à ces recherches. Tout en restant infructueuses, ces expéditions n'en contribuèrent pas moins à l'étude des côtes septentrionales de l'Amérique, ainsi que des îles avoisinantes. Cependant, les difficultés inouïes que rencontrèrent ces expéditions et les pertes en hommes et en argent qu'elles entraînèrent, refroidirent pour quelque temps l'ardeur des explorateurs et des gouvernements. Plus tard, deux hommes ont réussi à la rallumer : un commerçant d'Arkhangel, *Sidoroff*, qui dépensa une grande fortune à la recherche d'une route océanique vers la Sibérie, et, surtout, le géographe allemand *A. Pétermann*. Deux expéditions allemandes furent organisées d'après les projets de ce savant qui, parti à la tête d'une de ces expéditions, faillit périr, mais parvint à se sauver, après avoir vogué dans l'océan Glacial, avec ses compagnons, pendant plus d'une année sur un glaçon. Il a rapporté de ce voyage extraordinaire nombre d'observations importantes. Il put étudier, en particulier, les propriétés et les mouvements des glaces polaires, et nous verrons, par la suite, quel est l'importance de cette question pour les voyages arctiques.

Après cette reprise par les Allemands de la question brûlante de l'océan Glacial, les Autrichiens se mirent de la partie. Il se forma un comité polaire sous la direction des hommes les plus influents du pays. Ils disposaient de capitaux importants, augmentés par des souscriptions publiques. Ce comité organisa plusieurs expéditions dont l'une, celle du *Téhethoff*, partit en 1872, vers le détroit de Behring, en contournant la Nouvelle-Zemble. Mais, après avoir découvert, au nord-ouest de cette île, un archipel qui reçut le nom de *Terre de François-Joseph*, l'expédition fut obligée, en 1875, d'abandonner son navire dans les glaces.

Les Anglais envoyèrent à la recherche du Téhethoff le navire *Diane* qui explora la mer de Kara, à l'est de la Nouvelle-Zemble. Cette expédition a démontré que la mer de Kara, réputée inaccessible, était en réalité navigable pendant une certaine époque de l'été.

Nous avons vu que l'un des mobiles principaux de toutes les expéditions arctiques était l'établissement d'une route commerciale entre l'Atlantique et l'océan Pacifique, par l'océan Glacial. A part cela, la questions des fleuves sibériens préoccupait les Russes. La navigabilité de la mer de Kara était la clef de ces deux questions. Il suffit, en effet, de jeter un coup d'œil sur la carte pour en comprendre l'importance.

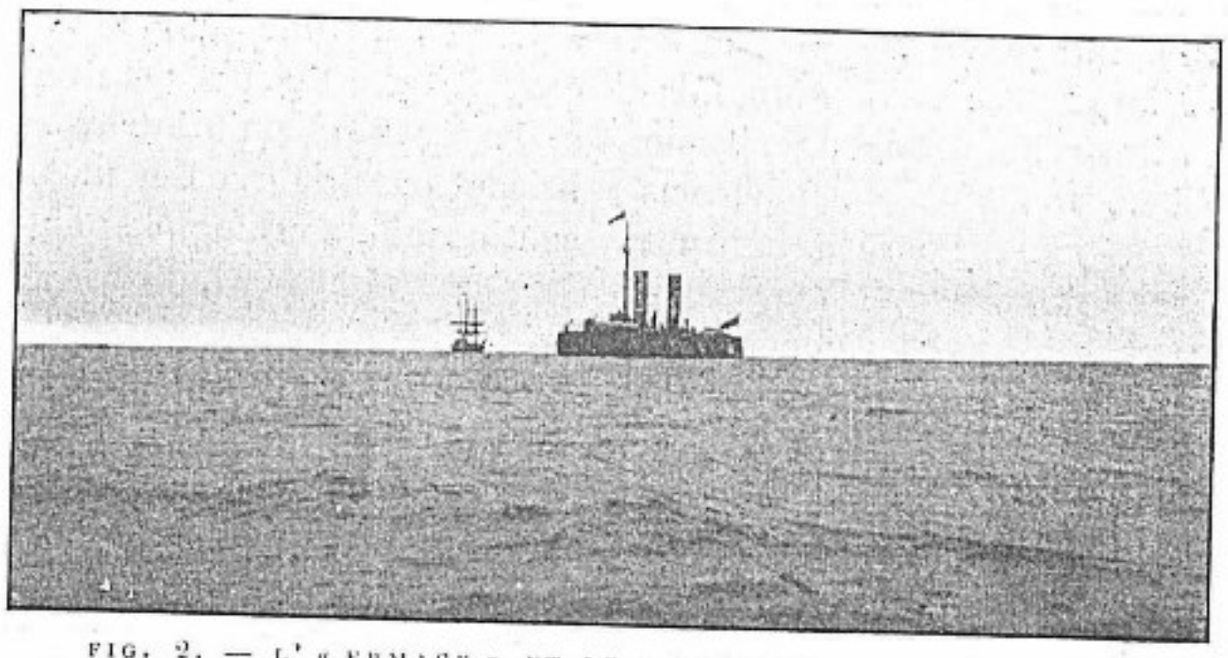


FIG. 2. — L' « ERMACK » ET LE « FRITJOF » PHOTOGRAPHIÉS PRÈS DE L'ARCHIPEL FRANÇOIS-JOSEPH.

Le célèbre professeur *Nordenskjold*, — père de l'explorateur suédois que trois expéditions vont actuellement rechercher au pôle Sud, — fort des résultats obtenus par la *Diane*, partit en 1875 sur le bateau à voile *Preven*. Il traversa la mer de Kara et remonta le fleuve Iénisseï, frayant ainsi la voie la plus courte entre l'Atlantique et le lac Baïkal, au cœur de la Sibérie. Le succès de Nordenskjold suscita une nouvelle expédition suédoise, organisée par le roi Oskar et dont les fonds furent fournis, en partie, par les commerçants Dickson (de Gouthemborg) et Sibiriakov (d'Irkoutsk).

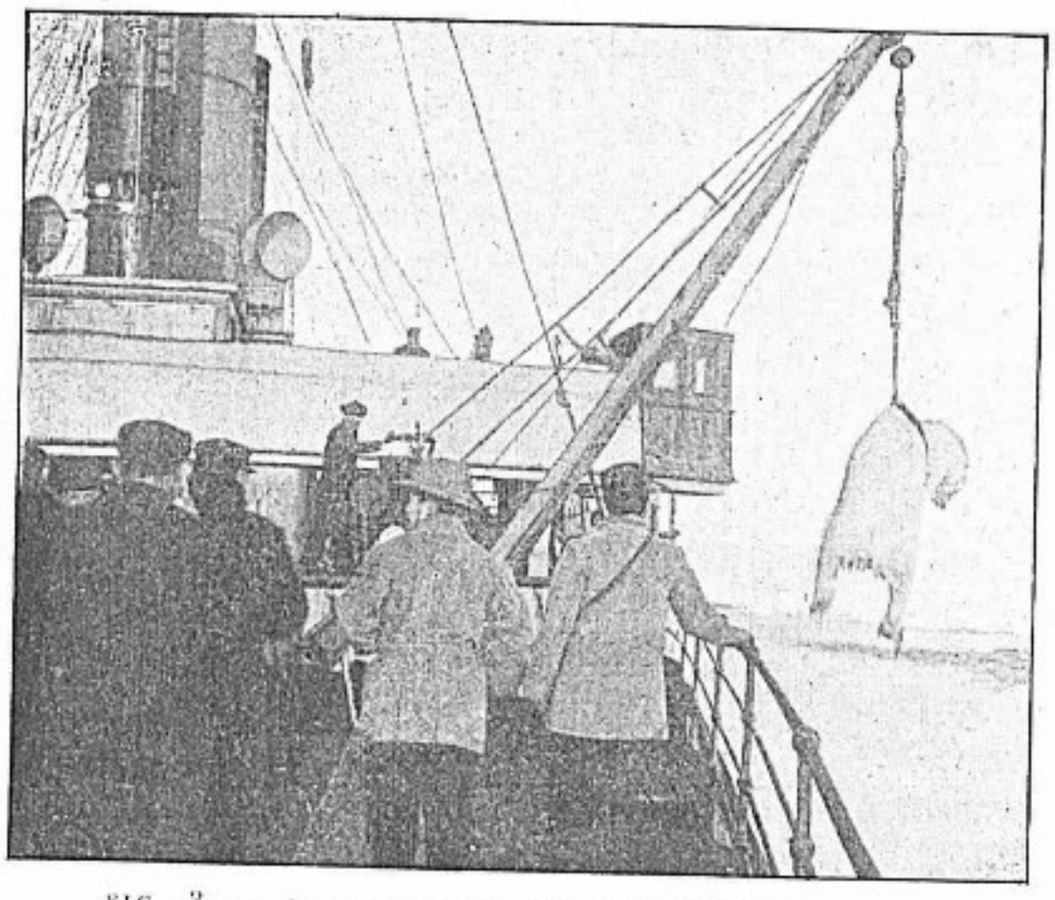


FIG. 3. — UN OURS BLANC TUÉ SUR LES GLACES ET HISSÉ A BORD DE L' « ERMACK ».

Cette expédition, partie, en 1878, sur la *Véga*, avait pour but d'établir une communication avec le fleuve Léna et de passer ensuite par le détroit de Behring. Mais, à trois jours de marche de ce détroit, la *Véga*, prise dans les glaces, dut s'arrêter pour hiverner non loin de la côte.

Le gouvernement russe envoya alors à sa recherche un croiseur; M. Sibiriakov organisa aussi des expéditions dans le même but, et le directeur bien connu du *New York Herald*, M. Gordon Bennett, affréta le navire la *Jeannette*, qui devait suivre le chemin parcouru par la *Véga*, mais dans un sens inverse. Pendant que la *Jeannette* partait de l'Amérique, la *Véga*, parvenue à se libérer des glaces, traversait le détroit de Behring. Après avoir appris par les habitants de la côte sibérienne l'issue heureuse de l'hivernage de la *Véga*, le commandant de la *Jeannette*, pourvu de moyens pour un long voyage et pour les observations scientifiques, dirigea son navire vers le N.-O., n'ayant plus en vue que l'exploration de l'océan Glacial.

Mais, au delà de l'archipel de la Nouvelle-Sibérie, la *Jeannelle* fut écrasée par les glaces. Les hommes de son équipage, après avoir découvert un archipel de petites îles, auquel on donna le nom de G. Bennett, voguèrent vers le continent sur des canots-traîneaux. Ils atteignirent les embouchures du fleuve Léna à moitié morts de froid et de privations. Une partie de l'équipage put être sauvée par les *Yakouts*, mais le reste, avec le commandant, périt de faim, à 30 k. d'un village yakout, malgré l'abondance du gibier, sur lequel on ne pouvait tirer, faute de cartouches.

Presque toutes les expéditions que nous avons passées en revue furent malheureuses, et

les résultats pratiques auquels elles aboutirent n'étaient guère encourageants. Dans ces conditions, on pouvait se demander s'il n'était pas plus raisonnable d'abandonner une fois pour toutes la course à l'abîme glacial.

Une alternative s'imposait : ou l'océan Glacial ne valait pas les sacrifices qu'exigeait son exploration; ou bien, toutes les expéditions précédentes avaient été mal préparées, la cause de leur échec n'étant imputable qu'à leur organisation défectueuse. Dans ce dernier cas, il fallait trouver un principe nouveau. C'est ce que fit *Nansen*.

Dans toutes les expéditions antérieures, on tâchait de contourner les glaces, conduisant le navire par les canaux et les fissures de l'enveloppe glaciale. Lorsqu'on se trouvait quand même pris dans les glaces, l'équipage, abandonnant le navire qui presque toujours se perdait, écrasé par les glaces, continuait sa route traîné par les chiens ou à pied. Ce système ne valait, évidemment, rien. D'autre part, de toutes les observations accumulées au prix de tant de sacrifices et d'efforts, il résultait que la glace de la mer Arctique n'est pas stationnaire, mais qu'elle se renouvelle constamment, en accusant un courant dirigé du détroit de Behring vers le Grœnland. Nansen pensait que ce courant devait passer par le pôle Nord, et, de toutes les données dont il disposait, il conclut que le courant en question met trois ans à parcourir la distance qui sépare le détroit de Behring du Grœnland.

Dès lors, le principe était trouvé. Il fallait construire un navire capable de résister à la pression des glaces, capable aussi d'emmagasiner du charbon et des vivres pour trois ans. Il fallait l'aménager de façon à assurer le confort nécessaire pour la vie et les observations scientifiques. Nansen partit ayant d'abord pour objectif la route de la *Véga*. Après avoir traversé la mer de Kara, il atteignit, près des îles de la Nouvelle-Sibérie, le courant qu'il cherchait. Là le *Fram* fut pris par les glaces et entraîné dans la direction indiquée sur la carte (fig. 1). Toutes ses prévisions se réalisèrent, sauf le passage par le pôle : il passa à côté. Néanmoins son expérience a pleinement réussi. C'était la première tentative rationnelle de subjuguer l'océan Glacial en utilisant ses propres forces. L'expérience de Nansen a montré que la chose était possible.

Toutefois le succès de Nansen n'est pas une solution du problème de la navigation sur une mer glacée.

Or, c'est précisément pour résoudre cette question capitale que le vice-amiral Makarov a entrepris l'étude des navires *brise-glace*. Il croyait que la seule solution possible était de se frayer un chemin à travers les glaces, en les brisant par la force des moteurs et en les écrasant ensuite sous le poids du navire.

Les navires brise-glace existent depuis quarante ans. Ils furent construits d'abord à Cronstadt, puis dans d'autres ports russes et allemands de la mer Baltique. Les Américains les perfectionnèrent sensiblement sur les grands lacs de l'Amérique du Nord.

Nous n'en décrirons pas les différents types, puisque l'*Ermack*, dont nous nous occuperons

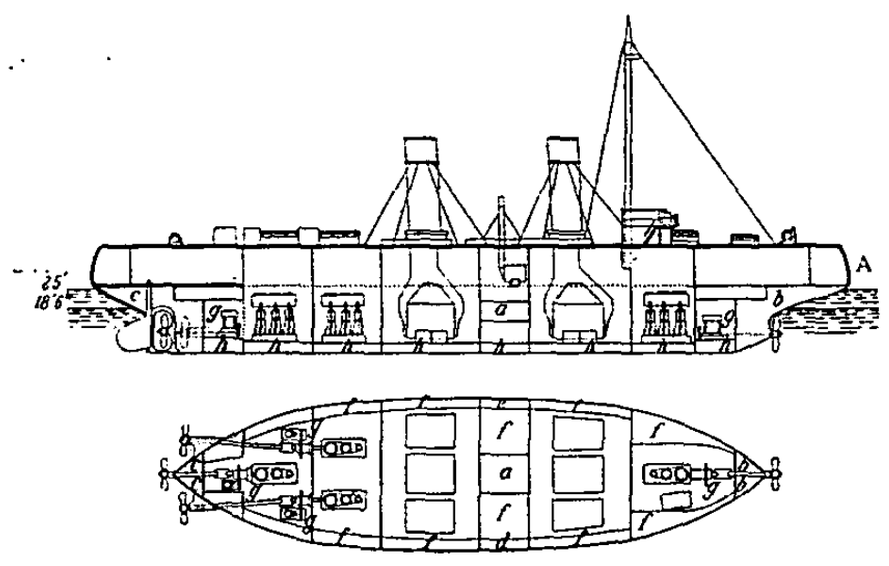


FIG. 4. — PLAN ET COUPE DE L' « ERMACK ».
A, avant; *g*, hélices; *f*, *h*... cloisons.

ici, réunit tous ces types et qu'il est de beaucoup le plus puissant de tous les brise-glace russes, allemands et américains. Il a pu affronter même les glaces polaires contre lesquelles il a lutté avec succès.

Le principe fondamental de tous les navires brise-glace consiste en ce que leur avant (fig. 4) est coupé de telle façon que le navire, poussé par les hélices, puisse monter sur la glace et l'écraser sous son poids. Les Américains y ont ajouté une hélice, à l'avant du bateau, qui envoie un courant d'eau en A dans la direction de la flèche. Ce courant désagrège la base du banc de glace vers lequel il est projeté, et en détruit l'équilibre, si bien que le moindre choc du navire suffit pour réduire le reste en fragments.

On sait que dans les eaux arctiques se trouvent des banquises de glaces, *ice-bergs*, et des glaces flottantes tantôt en blocs isolés, tantôt réunies en amas qu'on appelle des *bancs* de glaces. Le navire brise-glace aborde la banquise, son avant, montant sur la glace, la

coupe, la brise et l'écrase sous son poids : il fraye son chemin dans le champ de glace comme une cisaille à travers le métal qu'elle coupe.

Les ice-bergs, très nombreux au pôle Sud et au nord du Grœnland, sont rares dans les mers du nord de l'Europe et de l'Asie. Ce sont de grosses montagnes flottantes, détachées des glaciers, et avec lesquelles aucun brise-glace ne saurait lutter. Il faut simplement les éviter. Quant aux bancs de glace, on les rencontre dans toutes les mers et dans tous les grands lacs qui gèlent. Ils atteignent parfois des dimensions considérables et constituent un des principaux obstacles à la navigation. C'est avec eux que les brise-glace sont obligés de lutter le plus. L'hélice de l'avant du brise-glace, tournant dans le sens inverse de celui des hélices de propulsion, sert, comme nous l'avons vu, à disloquer le banc de glace. La force vive du navire achève la besogne.

Se basant sur ces considérations et sur les particularités appartenant en propre aux glaces polaires, M. Makarov a construit le plan d'un brise-glace qui pourrait naviguer dans l'océan Glacial. C'est la maison anglaise Armstrong, à Newcastle, qui fut chargée de la construction, au prix de 4 000 000 de francs.

Voici quelles sont les dimensions de ce navire : longueur, 93 m. 5 ; largeur, 22 m. ; tirant d'eau (le navire complètement armé et muni de 300 tonnes de charbon), 5 m. 6, ou 7 m. 6 (avec 3 000 tonnes de charbon). Inclinaison des flancs sur la verticale au bas du navire : en arrière, 70°, en avant, 65°, au milieu, 20°.

Ce brise-glace, auquel le vice-amiral Makarov a donné le nom d'*Ermack*, en l'honneur du célèbre ataman des Cosaques qui a conquis la Sibérie occidentale du temps de Jean le Terrible, possède quatre machines. Chaque machine, de 2 500 chevaux, commande une hélice : l'une à l'avant et trois autres en arrière. En outre, grâce à un système particulier de transmissions, chaque machine peut commander chacune des quatres hélices séparément ou toutes ces hélices à la fois.

De cette façon, en jouant convenablement du système des transmissions, on peut avoir toutes les combinaisons du maximum de force de propulsion jusqu'au mouvement de rotation du navire presque autour de son axe. Ceci est très important quand on se trouve dans les glaces épaisses et fortes et qu'on est obligé de revenir sur ses pas. L'*Ermack* est blindé sur toute sa surface latérale ; il est rendu étanche au moyen de cloisons transversales et longitudinales résistant à toute pression des glaces. De même que le *Fram* de Nansen, il est soulevé, par la pression des glaces, grâce à une courbure particulière de ses flancs, ce qui élimine tout danger d'écrasement.

Le but de la construction d'un brise-glace de cette importance est double. D'une part, comme nous l'avons déjà dit, il est destiné aux expéditions scientifiques, et, d'autre part, il doit assurer à la flotte baltique, pendant l'hiver, le passage de Saint-Pétersbourg à l'Atlantique et *vice versa*. On voit que ces deux fonctions « n'interfèrent » pas entre elles. En hiver l'*Ermack* travaille dans la mer Baltique, et l'été il est employé dans les expéditions arctiques.

A cet effet, il est pourvu de tous les moyens. Son équipage est composé de 100 hommes, sans compter les savants prenant part aux expéditions estivales et qui ne sont pas à plaindre. Avec tout le confort désirable et une table bien servie, ils disposent de riches moyens d'observation scientifique. Deux trappes sont aménagées pour la pêche, permettant de recueillir la faune océanique en pleine marche. A l'avant du navire se trouvent des appareils enregistreurs de la température et de la densité de l'eau. Il y a à bord des grues pour soulever des spécimens de glace, qui sont coupés par une scie spéciale. Un canot à vapeur permet d'explorer les côtes et les îles sur le passage du navire ; 4 canots-traîneaux le remplacent dans les régions couvertes de glaces. Les deux photographies reproduites (fig. 2 et 3) furent tirées en 1901. Sur l'une d'elles on voit l'*Ermack* à côté du *Fritjof*, parti pour le pôle Sud, près de l'archipel *François-Joseph*. Le *Fritjof* paraît tout petit devant l'*Ermack*. L'autre photographie a été prise au moment où la grue de l'*Ermack* remontait un ours blanc, tué sur les glaces.

L'expérience a montré que l'*Ermack* n'éprouve aucune difficulté à briser les glaces les plus épaisses de la mer Baltique. Pendant l'hiver rigoureux de 1899, lorsque tous les brise-glace furent immobilisés, l'*Ermack* a effectué, sans aucune difficulté, le voyage de Newcastle à Saint-Pétersbourg, faisant 5 à 7 nœuds à l'heure. Il est ensuite parti pour délivrer d'autres brise-glace, ainsi que deux croiseurs et une vingtaine de navires marchands emprisonnés dans les glaces en divers points de la mer Baltique. Jusqu'à sept navires à la file peuvent naviguer à la suite de l'*Ermack* dans le canal qu'il

laisse derrière lui. L'hélice de l'avant est de très grande utilité dans la mer Baltique où l'épaisseur des banquises est rarement supérieure à un mètre et celle des bancs de glace ne dépasse guère 4 m. Mais les conditions changent avec les glaces polaires. Ici les banquises ont souvent plus de 2 m. d'épaisseur et les bancs de 7 à 8 m. ne sont pas rares. Dans ces cas l'hélice de l'avant faillit à sa tâche et elle gène même les évolutions du navire dans les glaces. C'est pourquoi on est obligé d'enlever l'hélice dans les expéditions polaires pour la remettre lorsque l'*Ermack* travaille dans la mer Baltique.

La figure 5 représente la courbe que décrit l'avant du navire en brisant un banc de glace, courbe relevée par le vice-amiral Makarov sur une pellicule de cinématographe. L'*Ermack* a été cinématographié au moment où il a rencontré un banc de 2 m. de hauteur apparente et de 10 m. d'épaisseur réelle. Dans la position 1 l'*Ermack*, animé d'une vitesse de 7 nœuds, aborde la glace. Son avant monte ensuite sur la glace; dans cette position 2 sa vitesse n'est que de 3 nœuds. La glace ayant cédé, le navire redescend dans la position 3; près d'une minute sa vitesse demeure nulle, puis il reprend sa course avec la vitesse initiale de 7 nœuds. Au cours de ces opérations, trois machines travaillaient, développant une puissance de 7 500 chevaux.

L'ingénieur des mines, M. V. Wéber, qui a fait sur l'*Ermack*, en 1901, plusieurs croisières entre l'archipel de François-Joseph et la Nouvelle-Zemble, et auquel nous devons les photographies ci-jointes, a été enthousiasmé de la facilité avec laquelle l'*Ermack* brisait les glaces polaires. Il estime cependant que ce navire n'est pas en mesure de résoudre le problème du pôle Nord. Il croit que seule une combinaison du *Fram* de Nansen avec l'*Ermack* pourrait le

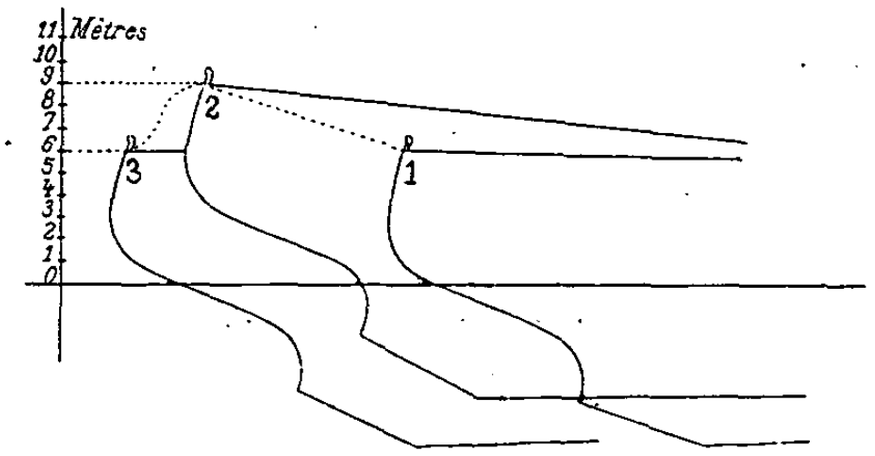


FIG. 5. — POSITIONS SUCCESSIVES PRISES PAR L' « ERMACK » LORS DE L'ÉCRASEMENT D'UN BANC DE GLACE.

faire. L'avenir nous apprendra comment cette combinaison pourrait être effectuée. Mais d'ores et déjà on peut affirmer que les expéditions du vice-amiral Makarov ont la valeur de véritables essais scientifiques. Les expériences comme celles de Nansen et du vice-amiral Makarov prouvent que la science a réussi à introduire dans le domaine de ses recherches l'important problème des deux pôles de notre globe. Il est donc permis d'espérer que la lumière ne tardera pas à se faire sur beaucoup de questions, encore si obscures, de géographie physique, questions que seule la connaissance des pôles nous permettra de résoudre.

JULES SEMENOV.

BALISTIQUE

UN CANON ÉLECTRIQUE.

C'est le nom d'un engin inventé et patiemment perfectionné par un professeur norvégien, *M. Birkeland*. Les résultats obtenus permettent d'attendre beaucoup de l'avenir. La question est double, scientifique et militaire. Il s'agit bien encore de la projection des obus, mais celle-ci n'est plus due à de la poudre explosant par le choc : c'est le courant électrique qui fournit la force motrice nécessaire.

Cette invention est basée sur des notions classiques relatives au solénoïde et à l'aimantation [1].

Voici le principe fondamental de ce canon

1. On sait que les solénoïdes, qui sont des conducteurs enroulés en spirales (fig. 1), possèdent toutes les propriétés des aimants. Si on suspend un solénoïde traversé par un courant, son axe, c'est-à-dire la droite qui passe par les centres de tous les cercles, se place dans le méridien magnétique comme le ferait l'axe d'une aiguille aimantée. Le courant développe en un mot 2 pôles : un pôle qui se tourne vers le nord et un autre pôle qui *se tourne* vers le sud.

Un solénoïde se comportant comme un aimant, si on lui présente un autre solénoïde (ou un aimant, ce qui revient au même), on constate que deux pôles de même nom se repoussent et que deux pôles de nom contraire s'attirent.

De plus, si un barreau de fer doux est approché du pôle nord par exemple d'un aimant ou d'un solénoïde, il y a aimantation. Il se forme près du pôle influent un pôle contraire (ici nord) et à l'autre extrémité un pôle de même nom (sud). Deux pôles de nom contraire se trouvant en présence, le barreau de fer est attiré.

électro-magnétique. Le tube *b* est formé de spirales conductrices *a* traversées par un courant lors du tir (fig. 2). Le projectile est en somme un barreau de fer *c* qui s'aimante et est attiré d'après les lois magnétiques.

Si le solénoïde est traversé par un courant très fort, le barreau est attiré avec violence au

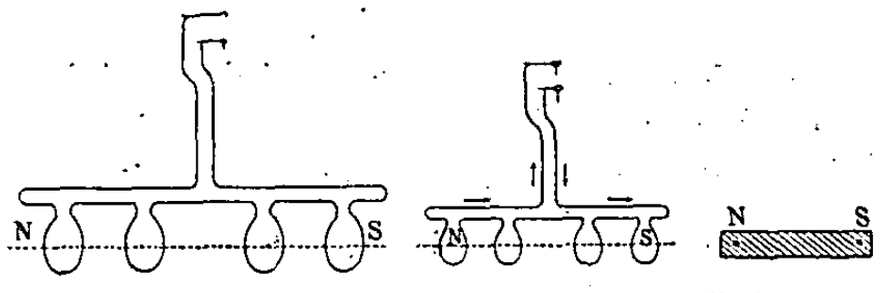


FIG. 1. — SOLÉNOÏDES (actions mutuelles).

centre de la spirale et y est maintenu avec force (fig. 3). En effet, le pôle sud du morceau de fer aimanté se trouve en présence du pôle sud du solénoïde et le pôle nord de ce dernier près du pôle nord du barreau. Comme deux pôles de même nom se repoussent, aucun déplacement n'est possible.

Dans la construction du canon, il faut remédier à cet inconvénient, car l'engin ne serait attiré avec force que jusqu'au milieu du tube.

Pour cela, M. Birkeland compose le tube de son canon de solénoïdes courts et plats et il

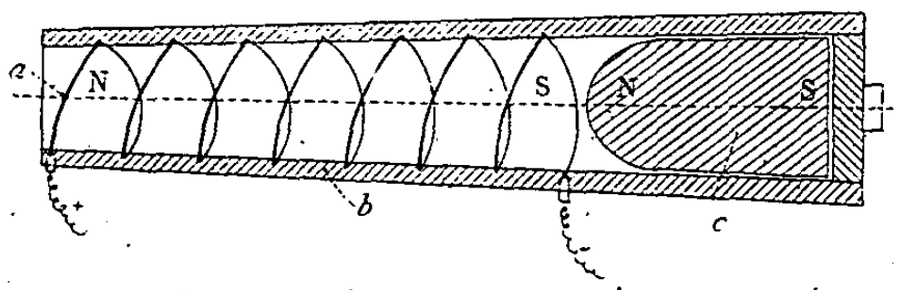


FIG. 2. — SCHÉMA DU CANON ÉLECTRIQUE.

interrompt le courant dans ces spirales une à une à mesure que le premier pôle N du projectile en fer a été attiré par elles. De cette façon, l'autre pôle ne se rapproche jamais assez des spirales traversées par le courant pour qu'une répulsion retardatrice puisse se produire.

Pour interrompre le courant, M. Birkeland avait mis au début à l'avant du projectile une flèche d'interruption faite de fibres végétales américaines. Cette flèche, en repoussant de côté quelques petits ressorts de contact dans l'intérieur du canon, supprimait le courant dans les spirales qui avaient déjà attiré le projectile et se trouvaient à proximité de son pôle antérieur, si bien que le second pôle ne pouvait être pratiquement influencé, le courant n'existant plus dans les solénoïdes à son passage.

Dans ces premiers essais, qui ont cependant donné des résultats remarquables, cette interruption mécanique était en partie un point faible.

M. Birkeland a alors modifié le mode d'interruption. Il l'a basée sur le principe suivant : Quand le projectile s'avance à l'intérieur du

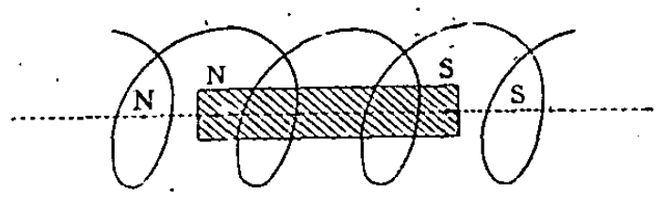


FIG. 3. — ÉQUILIBRE D'UN BARREAU DE FER PLACÉ DANS UN SOLÉNOÏDE.

solénoïde, le pôle magnétique antérieur produit dans la spirale un courant contraire qui va en augmentant à mesure que la vitesse du projectile s'accroit. Ce contre-courant peut devenir égal au courant qui traverse le solénoïde, si bien que s'il a le temps d'agir, il supprimera le courant primaire. Des calculs faits par M. Birkeland, et dans lesquels je n'entrerai pas, lui ont permis de déterminer les dimensions des spirales nécessaires pour que le projectile en passant y produise un courant contraire détruisant le premier. Il faut que le calibre du projectile soit de 30 cm. au moins.

M. Birkeland a pu essayer des courants assez forts sur son canon sans que l'échauffement des spirales ait été inquiétant pour le bon fonction-

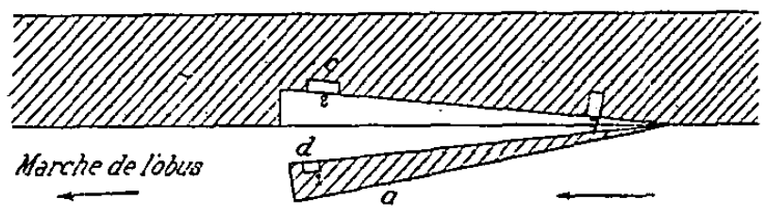


FIG. 4. — DÉTAIL DU CONTACT AUTOMATIQUE.

nement de l'appareil. On sait qu'une spirale, traversée par un courant très fort, ne tarde pas à fondre. Mais on peut faire passer dans un conducteur un courant très intense s'il n'agit qu'un temps excessivement court. En effet, l'échauffement d'un conducteur est proportionnel au temps et au carré de l'intensité du courant. Or le tir étant très rapide, quelques centièmes de seconde à peine, on conçoit fort bien que la chaleur dégagée par un courant intense est relativement minime et ne dépasse pas une valeur raisonnable.

M. Birkeland a installé en plus sur son canon, comme le courant primaire n'agirait pas économiquement sur toutes les parties du tube, un système permettant au projectile d'établir lui-même le courant dans les spirales à une distance convenable devant lui. En effet, les spirales qui se trouvent à l'extrémité du canon n'exer-

ceraient au commencement aucune influence notable sur le premier pôle du projectile. Au premier moment le courant n'est établi que pour le premier tiers du canon. Dès que le projectile commence à se mouvoir, il agit sur un bras *a* en métal (fig. 4) qui établit en *cd* le courant pour le deuxième tiers et, enfin, quand le projectile a parcouru une certaine partie du tube, il en est de même pour le troisième tiers.

M. Birkeland a construit au commencement de ses travaux deux modèles de canon très simples, que nous appellerons de salon, avec lesquels il a projeté *sans bruit* des torpilles avec une vitesse de 50 m. à la seconde. La force électromotrice employée était d'environ 500 volts. Un de ces tubes construit avec soin pourrait facilement lancer des obus de 500 kg. avec une vitesse de 200 m. Le calcul montre que l'on pourrait obtenir 600 m. Ces petits engins ne pourraient évidemment pas remplacer les armes de guerre que les recherches de nombreux ingénieurs ont perfectionnées de génération en génération. Mais je n'ai donné ici qu'un aperçu général de cette invention. Ce canon électromagnétique a été considérablement perfectionné depuis les premiers essais. Le tube est rayé comme celui des pièces actuelles. Il serait sûrement très apte à servir sur des navires pour lancer des torpilles chargées de matières excessivement explosibles, ce que la poudre actuellement ne permet pas de faire.

De plus, M. Birkeland a parlé de produire la force électromotrice, non au moyen d'accumulateurs encombrants, mais avec de petits appareils où pourraient se faire des réactions chimiques instantanées pouvant produire un fort courant électrique. En effet, la quantité d'énergie nécessaire au lancement d'un projectile est relativement minime, à cause de sa bonne utilisation et du peu de durée du tir.

A titre intéressant et financier : le tir à 20 km. d'un projectile de 2 000 kg. reviendrait seulement à 18 francs environ.

A. MAGNAN,
licencié ès sciences.

VARIÉTÉ

LES ALBATROS.

D'aspect robuste, la tête grande, le cou gros et court, le bec fort, crochu et à narines tubuleuses, les ailes longues, la queue légèrement arrondie, les albatros sont les plus gigantesques des oiseaux de mer. Parmi ces palmipèdes de la famille des Procellaridées nous distinguerons d'abord les albatros hurleurs, vulgairement appelés « moutons du Cap » parce qu'ils ont le corps d'un blanc pur, à l'exception des ailes variées de noir et de gris (fig. 2). A l'âge adulte, ils mesurent 4 m. d'envergure et 1 m. 30 de longueur; leurs pattes sont blanc rosé et leur bec possède une teinte identique légèrement jaunâtre à l'extrémité. Un cercle verdâtre entoure leurs jolis yeux brun foncé.

Les jeunes ressemblent beaucoup à leurs parents, mais un fin duvet recouvre encore une partie de leur corps, et comme il est constitué par l'extrémité même des plumes, il disparaît simplement par l'usure des barbes terminales.

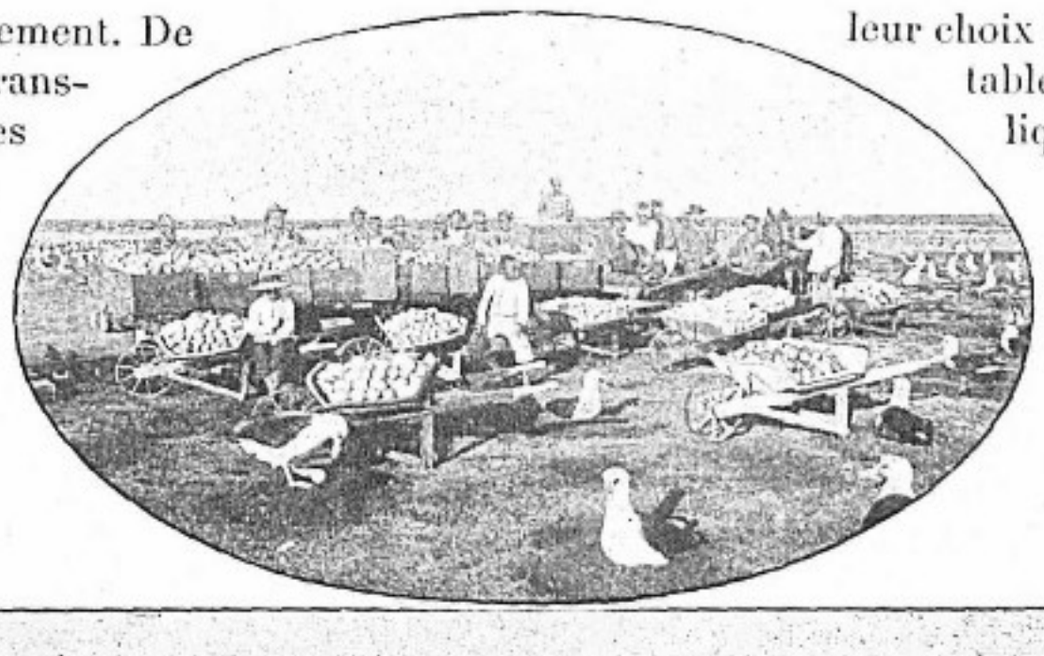
L'espèce représentée fig. 3 est l'albatros fuligineux, d'un gris de suie foncé avec la tête et les ailes brunes. On rencontre très communément ces deux types de « vautours marins » à partir du 40e degré de latitude sud. Ils couvrent de leurs troupes nombreuses les rochers de Kerguélen, de Campbell et de Laysan. En particulier dans cette dernière île qui émerge de l'océan Pacifique à 1 600 km. au nord d'Honolulu, ils pullulent. Je ne conseillerai pas aux amateurs de musique le séjour de tels pays, car les navigateurs comparent le chant de ces bipèdes ailés au braiment de l'âne.

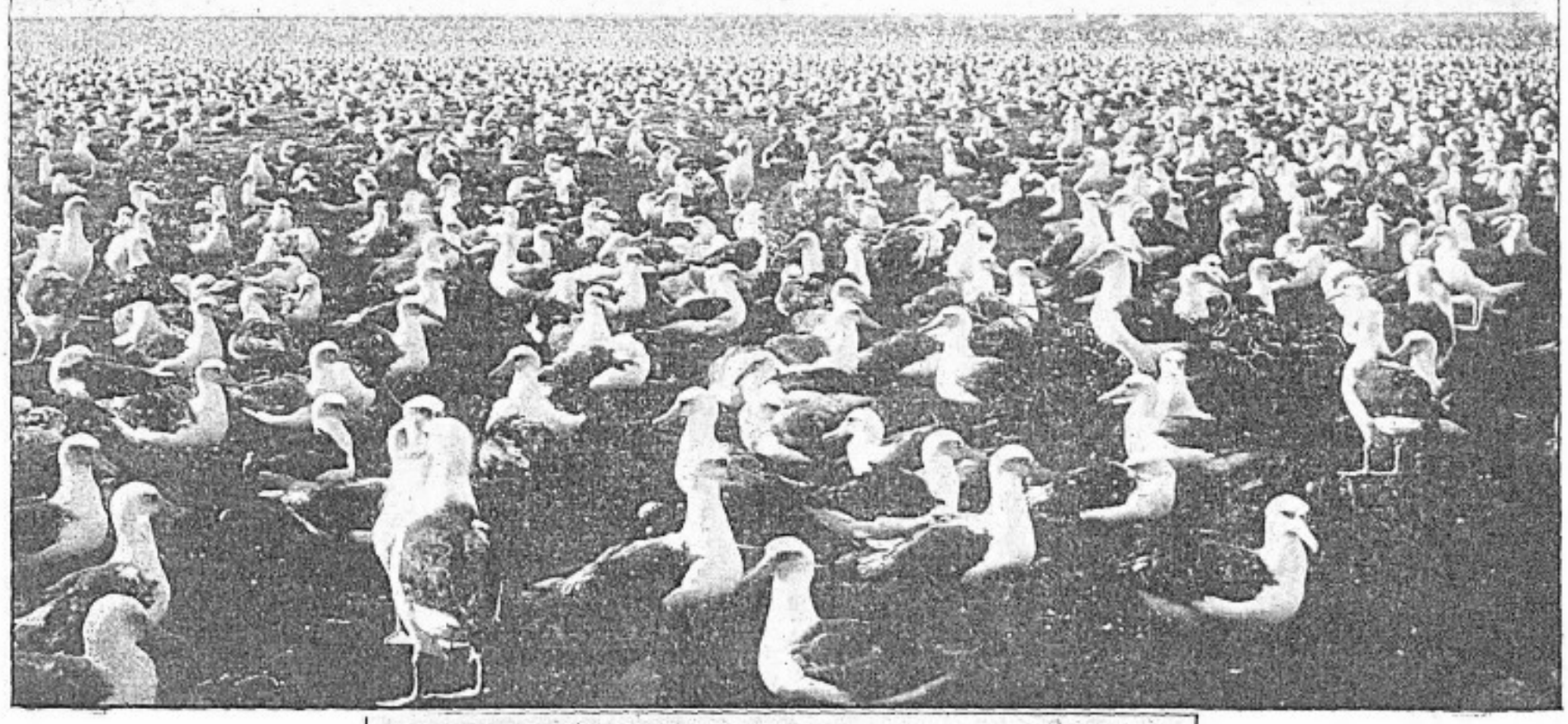
Jadis donc, sur le sable aride des grèves de Laysan, vivaient heureux des multitudes d'albatros. Puis, il y a peu d'années, une compagnie anglaise se forma pour exploiter le guano accumulé sur ce roc désert. Aussi, depuis lors, le bonheur n'existe plus dans ce paradis ornithologique. Comme le montre une de nos photographies (fig. 1), les agents de la Société viennent maintenant s'emparer périodiquement de la plus grande partie des œufs d'albatros. Des gamins les entassent sur des brouettes, puis sur des wagonnets que des chevaux traînent jus-

qu'au port d'embarquement. De là, des navires les transportent à Honolulu. Les œufs n'arrivent pas très frais à destination mais ils n'en constituent pas moins un vrai régal pour les Hawaïens.

Les albatros se nourrissent presque exclusivement de petits crustacés, de mollusques marins et de méduses.

Ils n'ont pas assez d'agilité pour s'emparer de poissons. Contrairement aux mouettes et aux goélands, ils ne fondent pas sur les objets qui flottent à la surface des eaux, bien qu'ils plongent et nagent aussi aisément qu'ils volent. Pour se reposer ou déguster les mets de leur choix ils s'installent confortablement sur l'élément liquide.





Les navigateurs indigènes mettent à profit la voracité des albatros pour s'en emparer. Ils déroulent d'un navire — qui ne doit pas filer plus de 4 à 5 nœuds — une longue et forte corde à l'extrémité de laquelle ils fixent un hameçon. Comme appât ils emploient un morceau de porc salé et cru. Lorsque l'oiseau s'est enferré, ses compagnons l'entourent en poussant des cris perçants. Comme il a une grande résistance vitale, on lui enfonce une forte aiguille dans la tête ou mieux on lui

FIG. 1. — RÉCOLTE DES ŒUFS. — FIG. 2. — LES ALBATROS SUR LA GRÈVE. — FIG. 3. — ALBATROS FULIGINEUX.

assène un coup de bâton sur la nuque. D'ailleurs sa chair coriace et huileuse possède une odeur désagréable. Les habitants de ces parages ne la mangent eux-mêmes qu'en cas d'extrême disette d'aliments frais. Ils doivent la mettre au préalable pendant vingt-quatre heures dans l'eau de mer et l'exposer ensuite, durant le même laps de temps, à l'action du vent.

D'après Henri Filhol, les albatros se reproduisent au mois de novembre et de décembre. Leurs nids (fig. 3) consistent en une simple excavation pratiquée dans le sol et garnie parfois de roseaux brisés ou d'herbes sèches. Chaque femelle n'y dépose qu'un seul œuf blanc, long de 13 cm. épais de 10 et pesant en moyenne 859 gr.

L'éclosion se produit en janvier et les parents ne soignent pas longtemps leur progéniture puisque, vers mars ou avril, ils partent en excursion maritime jusqu'en octobre. Chaque couple retourne alors à son ancien nid et après avoir tendrement caressé son rejeton, le prie poliment de déguerpir. Malheureusement le jeune abandonné a pris, durant l'absence maternelle, des idées d'indépendance. Il cède seulement à la force non sans avoir gratifié de nombreux coups de bec les auteurs de ses jours que, sans rancune, il suivra du reste vers l'Océan, l'année suivante.

En mer, les albatros planent à une grande hauteur, et, décrivant parfois une courbe gracieuse, ils viennent effleurer la crête des vagues. Puis, soudain, ils s'abattent complètement sur les flots, les ailes au corps, la tête ramenée en arrière et ils rament avec leurs pattes. Une fois reposés, ils quittent brusquement l'élément liquide par la seule force de leurs muscles. D'un bond ils atteignent souvent 60 m. et là, déploient à nouveau leurs robustes ailes. Chose extraordinaire, les albatros, si bons voiliers, se montrent sur la terre ferme d'une insigne gaucherie et se dandinent sur le plancher des vaches tout comme des... oies.

JACQUES BOYER.

CHIRURGIE

LA CHIRURGIE CONTEMPORAINE ET LES BLESSURES DU CŒUR.

Les anciens considéraient les plaies du cœur comme très rapidement fatales, et c'est même aujourd'hui la croyance commune. Il faut arriver à Ambroise Paré pour voir citer une première observation de survie après blessure du cœur : il s'agissait d'un homme, blessé au cœur dans un duel, qui put poursuivre pendant quelques minutes encore son adversaire, puis tomba mort.

On a signalé, dans la suite, de plus longues survies : ainsi, Muller, en 1641, rapporte un cas de survie de seize jours après une plaie du cœur.

Depuis on a bien étudié ces plaies, et Fischer, dans un travail important, put réunir 386 cas de plaies cardiaques.

Pendant longtemps on a eu surtout en vue les blessures de guerre et on s'est principalement occupé de savoir comment mouraient les blessés et dans quelle proportion. Mais dans ces toutes dernières années, Rehn et Parrazoni ont fait mieux : ils sont intervenus avec succès dans les blessures du cœur et ont pu sauver des malades irrémédiablement perdus. Après ces auteurs on laisse de côté la question du pronostic, et la question du traitement, que l'on croyait impossible, a été l'objet de nouvelles recherches et de nouvelles tentatives. A ce propos, je constate un fait curieux : c'est que ce sont en majorité des chirurgiens italiens qui ont apporté la plus grande contribution à cette étude, à cause, sans nul doute, de l'occasion qu'ils ont de voir les méfaits du stylet si promptement manié par leurs concitoyens.

Le cœur peut être blessé de façons bien diverses : il peut être atteint par une esquille d'os provenant d'une fracture des côtes par exemple, ou bien par des corps étrangers (épines, os, dentiers) qui, avalés, traversent l'œsophage, perforent ce conduit à un certain niveau et viennent ainsi perforer le cœur à son tour : cette dernière éventualité s'explique par le rapport que présente le conduit alimentaire (œsophage) avec la face postérieure du cœur.

Mais il faut surtout parler, à cause de leur beaucoup plus grande fréquence, des cas où l'agent vulnérant traverse la poitrine avant d'atteindre le cœur.

Cet organe peut être blessé par des instruments piquants, tels que longues aiguilles ou épingles enfoncées dans la région du cœur dans un but de suicide ou d'assassinat. Des pointes de fleurets ont aussi parfois percé le cœur.

Les instruments tranchants : couteaux, stylets, épées, sabres ont souvent occasionné des blessures du cœur. Il faut mentionner également des plaies par balles de revolver, de fusil de chasse, de fusil de guerre. On a rarement l'occasion d'observer des plaies du cœur par fusil de guerre car, alors, la mort est presque toujours instantanée : c'est ainsi que, dans la guerre de Sécession, on ne relève que 4 cas de blessures qui ne furent pas immédiatement

fatales : un des blessés survécut quatorze jours, un autre deux ans et demi.

Avant de décrire les symptômes si graves qui attestent une blessure du cœur, il est utile de montrer quelles sont les diverses variétés des plaies du cœur et quels en sont les caractères.

Les parties du cœur qui sont le plus fréquemment atteintes sont : le ventricule droit, puis le ventricule gauche, l'oreillette droite et enfin l'oreillette gauche. Cela s'explique par ce fait que le ventricule droit n'est pas simplement situé à la région droite du cœur, mais est, peut-être, celui qui est le plus antérieur et par conséquent le plus offert au traumatisme. Du reste, les deux ventricules ou les deux oreillettes peuvent être intéressées par une même blessure.

Je vais passer en revue : les plaies par instruments piquants et tranchants, les plaies par projectiles, les corps étrangers demeurés dans le cœur.

A. *Plaies par instruments piquants et tranchants.* — Les plaies cardiaques par ces instruments sont : non pénétrantes ou pénétrantes.

Les plaies non pénétrantes sont celles qui intéressent les parois du cœur sans pénétrer dans l'une quelconque de ses cavités. Les plaies pénétrantes simples sont rares : la section des fibres superficielles du cœur prédispose à la rupture des couches plus profondes survenant au bout de quelques jours, ou bien la paroi amincie se laisse dilater par la suite en donnant lieu à un anévrisme du cœur, c'est-à-dire à une poche pulsatile remplie de sang formant une sorte de diverticule du cœur. Le premier grenadier de France, La Tour d'Auvergne, est un exemple célèbre de blessure du cœur : il fut atteint à Neudstad d'un coup de lance à la poitrine qui lui occasionna une plaie non pénétrante du cœur, mortelle, nous verrons plus loin par quel mécanisme. Les plaies non pénétrantes peuvent être compliquées de la blessure d'une des artères qui courent à la surface extérieure du cœur et qui servent à sa nutrition (artères coronaires). Ces plaies sont rares, mais elles sont extrêmement graves et elles n'ont pas besoin d'être profondes pour cela, puisque les artères en question sont très superficielles et peuvent être le siège d'une hémorragie rapidement mortelle. Cependant, l'illustre Larrey, chirurgien des armées impériales sous Napoléon Ier, rapporte le cas d'un blessé qui ne mourut qu'au bout de soixante-trois jours seulement.

Les plaies pénétrantes du cœur sont celles qui intéressent la totalité de la paroi cardiaque et font communiquer ses cavités avec l'extérieur. Elles sont naturellement variables suivant les instruments qui les produisent. C'est ainsi qu'un instrument piquant tel qu'une aiguille peut ne pas laisser de traces. Sué rapporte un cas très curieux où on ne trouva que très difficilement une plaie produite par une aiguille fine que la femme d'un grand seigneur introduisit dans le cœur de son mari pendant son sommeil.

Dans les plaies par instruments tranchants la section est généralement nette : les piliers, les valvules qui sont à l'intérieur du cœur peuvent aussi être coupés. Un caillot peut s'organiser et obturer l'orifice de la blessure pour un temps plus ou moins long. Ces plaies pénétrantes guérissent quelquefois car le muscle cardiaque est susceptible de se cicatriser comme les autres muscles.

B. *Les plaies par projectiles.* — Les plaies par projectiles et surtout par balles sont, de même que les précédentes, non pénétrantes ou pénétrantes.

Les plaies non pénétrantes par balles sont rares : elles sont dues soit à ce que la balle manque de force d'impulsion dans le cas, par exemple, où elle atteint l'individu au terme de sa course, soit à ce que la balle effleure, pour ainsi dire, le cœur tangentiellement à sa surface : c'est ainsi qu'on l'a vue ayant creusé à travers la paroi musculaire du cœur (sans pénétrer dans sa cavité) une gouttière ou même un véritable tunnel. On a vu également des cas où la pointe du cœur a été enlevée par un projectile.

Les plaies pénétrantes par balles sont beaucoup plus fréquentes. Les désordres sont différents suivant l'arme. C'est ainsi que les balles lancées par les fusils de guerre, étant animées d'une grande vitesse, produisent de grands délabrements et entraînent presque toujours la mort : le cœur est, d'ordinaire, traversé de part en part. Busch, Kocher et de Santi ont fait des expériences cadavériques par lesquelles ils ont constaté que les dégâts sont proportionnels à la vitesse du projectile : ainsi, à une vitesse de 440 m., il y a un véritable éclatement du cœur. Les plaies par balles de revolver sont également pénétrantes dans la plupart des cas : l'orifice d'entrée et l'orifice de sortie sont en général circulaires; l'orifice de sortie est généralement le plus grand. Toutefois, les balles de revolver, dont la vitesse initiale est bien moins grande que celle des balles de fusil, ne déterminent pas de lésions aussi importantes. Il existe même des cas extrêmement bizarres, comme celui-ci : une blessure du cœur sans ouverture du péricarde, c'est-à-dire de son sac d'enveloppe; Holmes parle d'un cas où l'on pouvait enfoncer le doigt dans la plaie alors que le péricarde, non ouvert, n'avait été que contusionné.

Dans ces diverses blessures du cœur il ne faut pas oublier qu'il y a souvent plaie concomitante des organes voisins, principalement de la plèvre et du poumon, des très gros vaisseaux d'alentour, du diaphragme, de l'estomac, du foie, etc.

C. *Les corps étrangers demeurés dans le cœur.* — Les instruments, les projectiles énumérés précédemment, ne font pas que blesser le cœur, ils peuvent y demeurer en entraînant des débris de vêtements, de côtes, etc. Ils deviennent de véritables corps étrangers.

Ces corps étrangers peuvent entraîner la mort immédiatement ou seulement quelques jours après : il arrive même qu'ils peuvent être absolument tolérés.

On a vu des aiguilles, des lames de fleuret séjourner dans le cœur sans occasionner la mort. Je rappellerai à ce sujet le cas très curieux observé il y a déjà longtemps par le professeur Tillaux : il concerne un aliéné qui s'était introduit une tige de fer de 16 cm. dans la région du cœur : il n'y eut aucun trouble de la circulation. Pensant que cette tige bouchait l'orifice de la blessure qu'elle avait créée, Tillaux n'osa la retirer. Bientôt ce corps étranger ne fut plus senti et le malade

se rétablit complètement. Il mourut un an après. A l'autopsie, on trouva que la tige de fer avait traversé le bord antérieur du poumon gauche, la paroi postérieure du ventricule gauche et s'était engagée dans le poumon droit.

Les corps étrangers du cœur peuvent être inclus dans ses parois, soit faire saillie dans les cavités, soit être situés dans les cavités elles-mêmes. Je citerai à ce propos le cas célèbre de Rendall et Huspelh qui, soixante-sept jours après l'accident, trouvèrent trois chevrotines libres dans le ventricule droit et deux dans l'oreillette droite, puis aussi le cas de Simmonds, où une balle ayant pénétré dans le ventricule droit, tomba dans la veine cave inférieure et ne fut retrouvée qu'à l'origine de cette veine au niveau du bassin.

Quant aux corps étrangers contenus dans le péricarde ou sac fibro-séreux enveloppant le cœur, ils peuvent parfois être tolérés indéfiniment, ainsi qu'en témoigne le curieux blessé de Salamanque, qui, blessé par une balle en 1812, ne mourut qu'en 1864, ayant pour ainsi dire conservé sur le cœur sa balle pendant cinquante-deux ans.

***

Le mécanisme de la mort par blessure du cœur se fait de trois façons : par action nerveuse, par hémorragie, par compression, ces causes étant souvent réunies d'ailleurs.

Par action nerveuse. — La mort immédiate peut être provoquée par une syncope, celle-ci due à l'excitation directe des ganglions et du système nerveux du cœur amenant l'arrêt brusque du muscle cardiaque. La blessure la plus petite, qu'elle ait ou non pénétré le cœur, suffit souvent à produire cette syncope. C'est ainsi que mourut La Tour d'Auvergne.

Par hémorragie. — La perte de sang peut être extrêmement rapide et abondante et il n'est pas toujours nécessaire pour cela que la plaie soit très large : il suffit qu'une blessure superficielle ait lésé une artère superficielle du cœur, ou un des très gros vaisseaux qui y ont leur origine pour que l'hémorragie soit formidable.

Par compression. — Le cœur est contenu, ai-je dit, dans un sac fibreux, le péricarde, il est facile de comprendre que le sang provenant de la blessure du cœur s'épanche dans ce sac au point de comprimer extérieurement, en peu d'instants, le cœur qui ne peut plus battre et se trouve véritablement étouffé. Et comme le poumon est souvent touché en même temps, du sang s'accumule aussi dans les plèvres, les organes respiratoires sont comprimés eux aussi et le blessé meurt rapidement asphyxié.

***

Il n'est pas aussi facile qu'on pourrait le croire de dire que le cœur est blessé, car la blessure des organes voisins peut donner des symptômes analogues ou surajouter ses signes à ceux de la plaie du cœur elle-même, et l'on est parfois réduit à l'hypothèse.

Quand un individu a une plaie du cœur, la première chose que l'on doit relever, c'est la plaie extérieure. Quand celle-ci siège à droite ou à gauche du sternum, dans la région précordiale, il faut penser à une plaie du cœur. La direction de la blessure a une certaine importance : ainsi, par exemple, dans les tentatives de suicide, les malheureux se frappent généralement de la main droite pour atteindre le cœur, aussi l'arme est-elle dirigée obliquement de droite à gauche, et le poumon gauche est-il presque toujours blessé en même temps. Le sang coule par cette plaie extérieure ou bien se coagule et oblitère l'orifice par un caillot.

Si la blessure est directe, large, on voit ordinairement un flot de sang s'échapper au dehors ou bien l'hémorragie se produit en jet qui peut être gros comme le doigt, et elle augmente d'autant plus que le blessé fait des efforts, des mouvements, a des quintes de toux. Le sang qui s'échappe de la blessure est presque toujours noir, ce qui tient à ce que les cavités droites du cœur sont les plus souvent intéressées. Dans les blessures par instruments piquants, par balles de revolver de petit calibre, l'hémorragie extérieure peut être très peu abondante et même nulle. En tous cas l'hémorragie interne est pour ainsi dire la règle et le sang s'accumule dans le péricarde et dans les cavités voisines. Mais, que l'hémorragie soit externe ou interne, elle peut s'arrêter et recommencer au bout de quelques jours si le caillot vient à se détruire.

En même temps que la plaie extérieure et l'hémorragie, les battements du cœur sont le plus souvent tumultueux, d'autres fois très faibles, si le blessé est épuisé ou si le sang s'est épanché dans le péricarde. A l'auscultation, les bruits normaux sont affaiblis, voilés, lointains, et les bruits anormaux sont des plus variables consistant en : souffles, frémissements, bruit de râpe, piaulement, bruit de moulin à eau, etc. A la percussion de la région du cœur on peut percevoir une matité d'autant plus étendue que l'épanchement sanguin intérieur est abondant.

En même temps que la plaie extérieure, l'hémorragie, les troubles du rhythme cardiaque, il y a des troubles respiratoires qui sont tantôt très intenses, tantôt très peu marqués. Quoi qu'il en soit, la *dyspnée* ou difficulté de la respiration est presque la règle.

Voilà les principaux symptômes; il faut y ajouter la syncope, la douleur, les phénomènes nerveux.

La syncope ou perte de connaissance se produit immédiatement dans presque la moitié des cas, quelques instants après seulement dans l'autre moitié; elle a quelquefois lieu à une époque plus éloignée. Elle est plutôt favorable, car elle permet la formation d'un caillot obturateur. Si elle n'a pas immédiatement succédé à la blessure, les causes les plus variées telles que : mouvements brusques, émotions vives, peuvent la produire et entraîner la mort. Nélaton parle d'un malade qui mourut le quatrième jour, subitement, à la vue de son meurtrier qui passait dans la rue.

Les plaies du cœur ne sont pas douloureuses par elles-mêmes, des expériences l'ont prouvé. Quand la douleur survient au bout de deux ou trois jours, c'est que l'inflammation est venue s'ajouter.

Les phénomènes nerveux consistent en convul-

sions générales ou localisées à la face, et l'on observe alors le *rictus sardonique*. Le délire est fréquent et annonce la terminaison prochaine. Des paralysies diverses se manifestent aussi : elles sont dues à des embolies cérébrales déterminées par des caillots qui, du cœur, sont lancés dans le cerveau. Si le blessé a échappé à la syncope, il est excité ordinairement : on a vu des individus ne pas se ressentir de leur blessure, continuer à se battre et même faire une lieue à pied.

***

Donc, quoique très graves, les blessures du cœur ne sont pas fatalement mortelles. Quelques chiffres apportés par Fischer sont instructifs à cet égard : sur 452 cas de plaies du cœur, il y eut 104 morts immédiates, 219 consécutives dans un délai variable d'une heure à neuf mois après la blessure. Fischer cite 50 guérisons de plaies du cœur et il est très probable que ce chiffre serait augmenté à l'heure actuelle grâce au progrès de la chirurgie qui ose maintenant intervenir.

Le pronostic reste cependant très sombre et on ne peut juger de la gravité de la blessure par l'instrument qui l'a déterminée. Ainsi, les plaies par instruments tranchants présentent une mortalité très élevée, mais il peut arriver pourtant qu'une de ces plaies ne sera pas mortelle, alors qu'une blessure par une aiguille entraînera une mort immédiate. Les plaies par armes à feu sont très graves. Ce sont les blessures par instruments piquants qui sont le moins fatales.

A suivre.

Dr DARTIGUES.

PÉDAGOGIE

TRIBUNE LIBRE D'ENSEIGNEMENT EXPÉRIMENTAL

Solidification du gaz carbonique.

On peut obtenir de l'anhydride carbonique solide d'une manière simple et peu coûteuse.

Pour cela, on se procure, chez un dépositaire, un *sparklet* rempli d'anhydride carbonique; coût : 15 ou 20 centimes.

Dans une planche de 40 mm. d'épaisseur environ, on perce un trou de 30 mm. de diamètre et de 30 mm. de

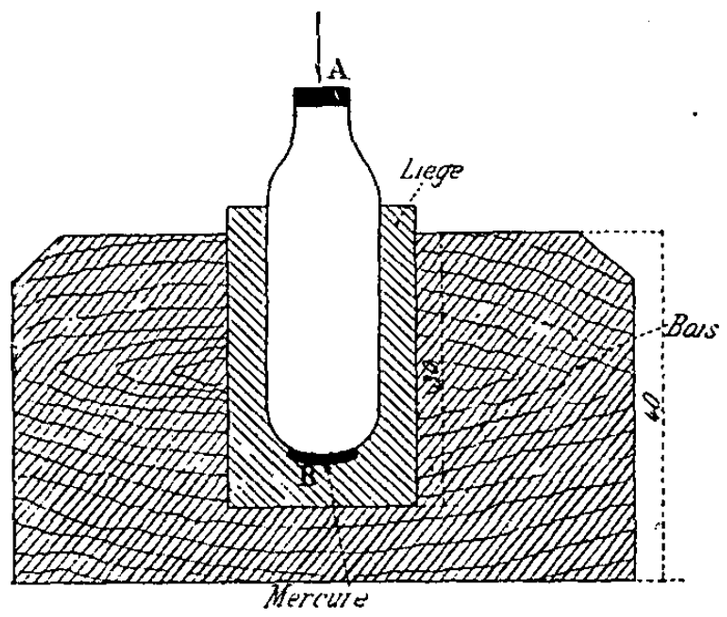


FIG. 1. — SOLIDIFICATION DU GAZ CARBONIQUE (SPARKLET).

profondeur, dans lequel on ajuste un bouchon de liège creusé lui-même suivant la forme du sparklet (fig. 1). On obtient un excellent résultat en dégrossissant la cavité avec un canif et en l'achevant avec un fer rouge qui laisse une couche carbonisée très isolante. On peut employer comme fer rouge un sparklet hors d'usage, la forme voulue est ainsi obtenue rapidement.

Le bouchon étant ajusté dans la planche et le sparklet placé dans le bouchon, on perce celui-ci en A avec un tiers-point aiguisé auquel on imprime un mouvement de rotation, en même temps que l'on exerce une certaine pression. La détente de l'anhydride carbonique produit un abaissement de température suffisant pour qu'une partie du liquide se solidifie. On agrandit rapidement l'ouverture et, avec un petit crochet de fil de fer, on fait sortir la partie solidifiée qui ne tarde pas à s'évaporer sans fondre.

N. B. — Quelques gouttes de mercure placées en B peuvent être solidifiées.

Communiqué par L. GODEAU,
professeur à l'École normale de Chartres.

Transmetteur microphonique de précision.

L'instrument que nous allons faire connaître est d'une telle simplicité qu'il peut être fabriqué à peu de frais dans n'importe quel laboratoire (fig. 2). Il joint à sa sensibilité l'avantage d'être très maniable, ce qui est précieux pour un modèle de démonstration.

Pour le construire, point n'est besoin de matériaux rares ou chers : quelques fragments des charbons qui servent dans les lampes à arc électrique, deux petits morceaux de tubes de cuivre, 15 à 20 centimètres de tubes de verre, un peu de mercure et une vieille boîte en bois un peu mince (une boîte à cigares par exemple), voilà les éléments de l'appareil qui ne le cède en rien comme sensibilité aux microphones industriels les plus perfectionnés.

On choisit des charbons de lampe à arc à grain aussi fin que possible (ceux de la maison Siemens et Halske, de Charlottenburg, sont excellents pour cet usage), puis on prend un tube de verre ayant 2 à 3 mm. de plus de diamètre intérieur que les charbons. On le replie en U à l'aide du chalumeau et on le fixe sur une planchette au moyen de petits colliers de métal ZZ' (cuivre, zinc ou aluminium). Au-dessus de la branche AB on place un petit cylindre de charbon serré dans une bague de cuivre D' que l'on obtient facilement en fendant à la scie, suivant une de ses génératrices, un tube de cuivre de quelques millimètres de longueur. La base E du cylindre de charbon a été préalablement évidée en forme de cône.

Au-dessous de DE, on glisse dans la branche AB du tube en U un autre fragment de charbon de lampe à arc FG. Son extrémité F, taillée en pointe, vient buter contre E.

Pour assurer le contact de ces deux pièces de charbon, on verse dans la branche CD un peu de mercure qui pousse devant lui FG.

On fixe un fil conducteur à la pièce D'; un autre plonge dans le mercure : l'appareil est prêt à entrer en service.

On peut, en tâtonnant, arriver à mettre juste la quantité de mercure nécessaire à un bon fonctionnement de

l'appareil, mais il en coûte peu pour avoir un véritable instrument de précision.

Pour cela, au-dessus de la branche CD, on fixe une autre bague de cuivre dans laquelle glisse, à frottement un peu dur, une seconde baguette de charbon IK. En élevant ou en abaissant cette baguette, on fait varier le niveau

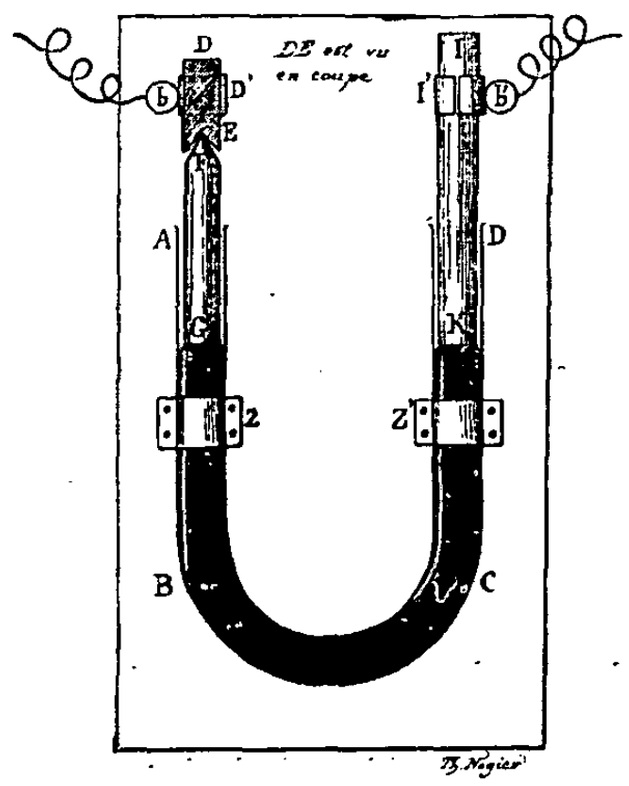


FIG. 2. — TRANSMETTEUR MICROPHONIQUE.

du mercure contenu en CD et on arrive à obtenir ainsi une légéreté de contact presque idéale entre les pièces DE et FG.

On attache les fils d'arrivée et de sortie aux deux bagues de cuivre D' et I', ou mieux à deux bornes B et B' reliées à ces bagues. On visse verticalement la planchette supportant l'ensemble sur le fond d'une boite à cigares et l'appareil est terminé.

Mais, pourra-t-on m'objecter, c'est perdre son temps que de chercher à construire soi-même des instruments que l'on trouve tout faits et à des conditions assez abordables. Qu'on me permette de rapporter ce que disait à ce sujet Ch. Truchot, le distingué professeur de physique médicale à l'École de médecine de Clermont : « Un peu « d'ingéniosité et d'habileté manuelles sont toujours fort « utiles, pour ne pas dire nécessaires, à un expérimenta- « teur, et j'ajouterai, pour ma part, que s'occuper aux « heures de loisir à de semblables petits travaux est un « véritable délassement, une récréation.

« Balard, le chimiste bien connu, qui, à vingt-quatre « ans, découvrait le brome, avait gardé de ses premières « années de travaux effectués dans l'arrière-boutique d'une « pharmacie, le souvenir d'appareils primitifs où un verre « de lampe, un flacon, une soucoupe, se prêtaient un « mutuel concours pour la réalisation des expériences. »

Communiqué par TH. NOGIER,
préparateur de Physique médicale
à la Faculté de Lyon.

G. M.

Tourniquet fonctionnant à l'eau et au gaz.

Le tourniquet suivant, dont je me sers toujours dans mes cours, est assez facile à construire; il a le grand avantage de très bien fonctionner soit à l'eau, soit aux gaz.

Il se compose, comme les figures l'indiquent, de deux parties distinctes : un support et le tourniquet proprement dit (fig. 3).

Le support se compose d'un tube ordinaire à gaz *ab* fermé à ses deux extrémités : en pointe arrondie en *a* et d'une façon quelconque en *b*; un tube *c* a été soudé vers le bas pour amener le courant d'eau qui s'échappera par une ou deux ouvertures *o o'* soufflées vers l'extrémité *a*; un tube *d* d'un diamètre suffisant a été soudé vers le milieu du tube *ab*.

Au besoin ce tube, de la grosseur d'un gros tube à essai et d'une dizaine de centimètres de long, peut être maintenu par un simple bouchon au lieu d'être soudé. Enfin le tout est supporté par un flacon lesté par une grenaille quelconque.

Quant au tourniquet proprement dit, il se compose d'un tube à essai ordinaire auquel on a soudé vers l'extrémité fermée 2 petits tubes à gaz *t* et *t'* recourbés à angle droit et étirés en pointes ouvertes assez minces.

Fonctionnement de l'appareil avec l'eau. — On commence par verser du mercure dans le tube *d* à peu près jusqu'au milieu, puis on place le tourniquet T sur la pointe *a* et on met le tube *c*, par un tube en caoutchouc, en communication avec la canalisation d'eau. On ouvre peu à peu et lentement le robinet de distribution; le tourniquet se met immédiatement à tourner avec une très grande vitesse, qui dépend de la pression de l'eau.

Si la pression était trop forte, le tourniquet pourrait être soulevé et l'eau déborderait au dehors. — L'appareil est évidemment placé au-dessus d'un grand vase ou tout simplement au milieu d'une cuve à eau.

Fonctionnement de l'appareil avec les gaz. — Il pourrait fonctionner tel quel en remplaçant le courant d'eau par un courant gazeux; mais il vaut mieux enlever le mercure du tube *d* et le remplacer par de l'eau. En soufflant par le tube en caoutchouc, le tourniquet marche avec une vitesse vertigineuse.

En remplaçant l'air par le gaz d'éclairage, la vitesse,

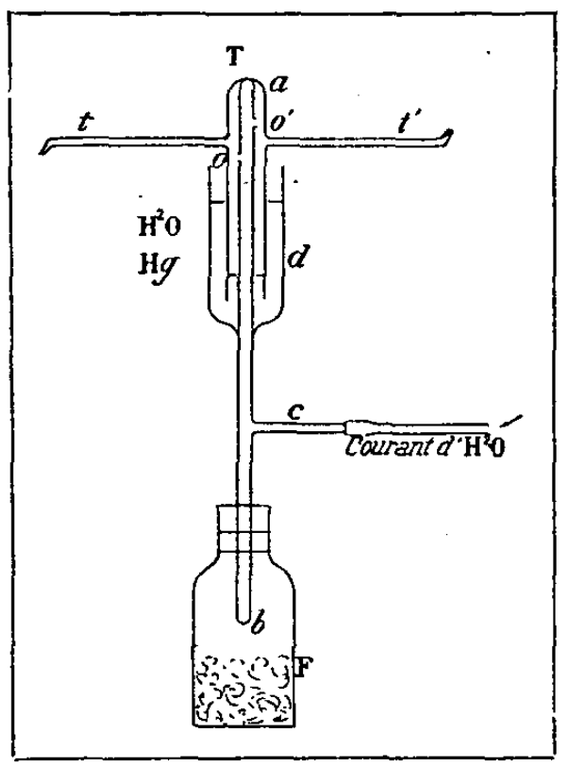


FIG. 3. — TOURNIQUET UNI.

toujours assez grande, dépend de la pression du gaz (que l'on peut enflammer aux extrémités des tubes *t* et *t'*). En opérant dans une pièce obscure, toutes les ombres sont doubles et animées d'un mouvement oscillatoire. Sans jeu de mot, l'expérience est très brillante et intéresse beaucoup les élèves.

Communiqué par C. LACHARME,
professeur au lycée de Lyon.

Proposition.

Je propose aux élèves qui commencent l'étude de la physique « de décrire et d'expliquer les phénomènes qu'ils observeront en frottant l'un contre l'autre deux objets quelconques : morceaux de sucre, mains, etc. »

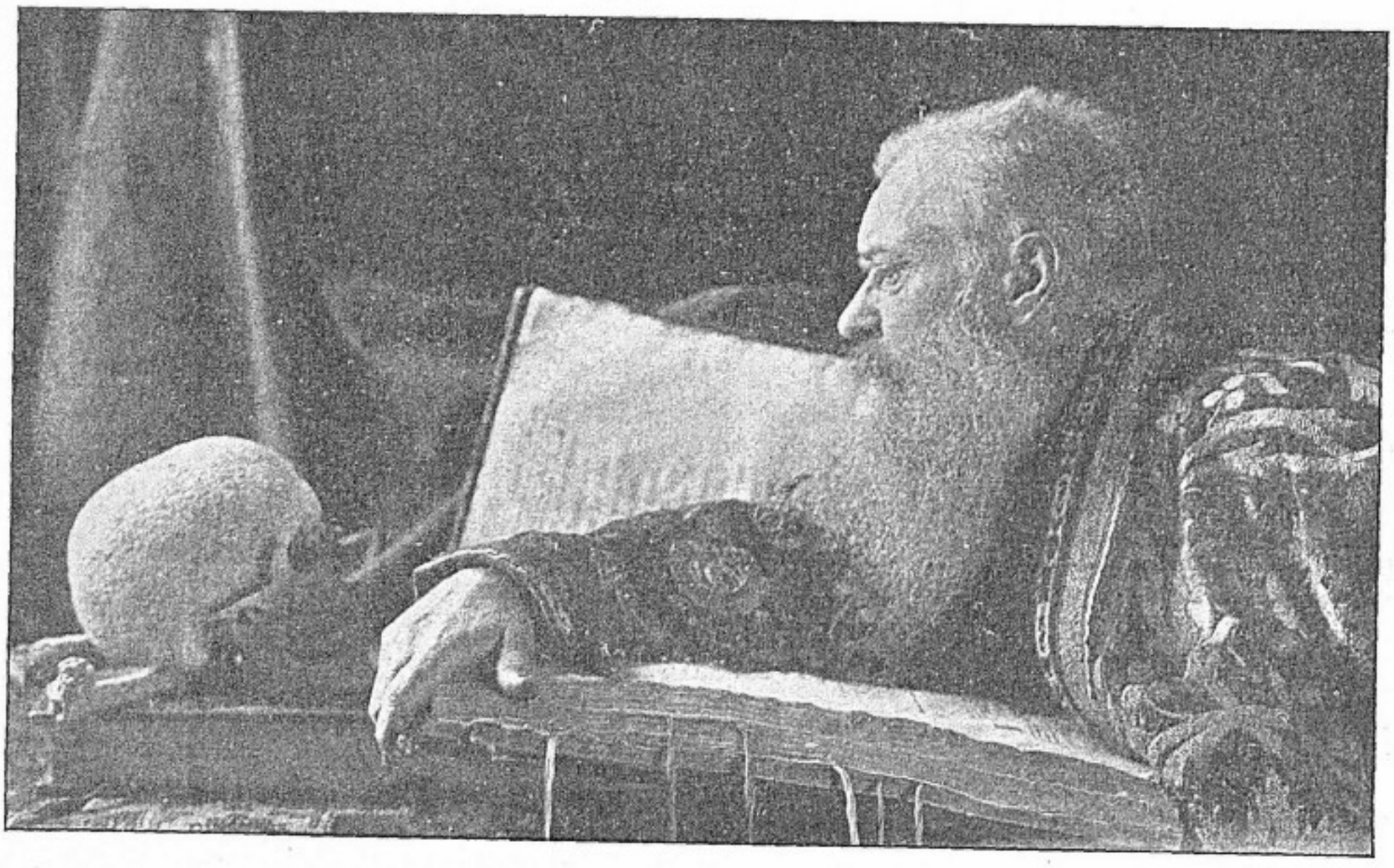
G. M.

Revue critique des Travaux scientifiques.

PHOTOGRAPHIE

La photographie est-elle un art ? La perspective du peintre et la perspective du photographe.

Le huitième salon photographique international, organisé durant le mois de mai dernier par le Photo-Club en son hôtel de la rue des Mathurins, a remis à l'ordre du jour cette question, fertile en discussions oiseuses : « La photographie est-elle un art? » à laquelle on ne peut répondre, ni par oui, ni par non, pas plus qu'à la question : « La peinture est-elle un art? »



UN SAVANT. — Phototype de Mlle Laguarde.

Si le seul fait de posséder un appareil photographique n'implique pas la qualité d'artiste, maints photographes sont cependant capables de produire, au moyen de leur objectif, des œuvres d'art indiscutables.

On reproche injustement à la photographie de n'être que le résultat forcé d'un simple mécanisme. Or c'est précisément ce que l'on pourrait appeler le côté mécanique de la photographie qui fait en partie sa supériorité.

La production d'une œuvre d'art comprend, en effet, deux phases bien distinctes :

Le choix et la composition du sujet; puis son interprétation ou sa traduction. Le photographe peut composer ses scènes, choisir son sujet et les conditions les meilleures pour en obtenir un rendu correct? Il est juste de dire qu'il ne peut éliminer un objet d'un tableau, ni aborder la production d'œuvres de pure fantaisie. Mais c'est là une limite qui l'oblige seulement à choisir les motifs de son inspiration uniquement dans la nature.

En ce qui concerne la traduction et l'interprétation du sujet, le photographe n'est pas moins libre; il peut conduire le développement du phototype de manière à donner telle ou telle qualité à l'image négative. Le phototype obtenu, il a le choix entre un nombre très grand de procédés pour obtenir l'épreuve définitive. Parmi ces procédés il en est un qui permet plus particulièrement à l'opérateur d'imprimer à son œuvre un cachet personnel, c'est là le but défini par M. Puyo : « Ce à quoi nous aspirons, c'est à pouvoir, du même cliché, obtenir à notre gré des épreuves toutes dissemblables, toutes en marche vers l'image type qui est en nous, tant qu'enfin réalisant à peu près notre idéal, vienne à naître sous nos doigts l'épreuve unique et définitive ». Ce procédé est le procédé dit à la « gomme bichromatée », décrit en 1859 par Pouncy, que M. Rouillé-Ladevèze a remis en honneur il y a quelques années et qui a depuis été adopté et perfectionné par des maîtres tels que MM. Robert Demachy, Puyo, Dubreuil, Brémard, Mlle Laguarde, MM. Le Bègue, Sollet, J. Garczynski, etc.

Le mécanisme, en photographie, existe seulement

en ce qui concerne la mise en perspective, et c'est là un avantage énorme sur la peinture. Quel est, en effet, le tableau de peintre qui soit exempt du moindre défaut de perspective? Il est vrai que, souvent, grâce à un emploi judicieux de la couleur, les fautes de perspective passent inaperçues. Nombre de peintres, d'ailleurs, font corriger la mise en perspective de leurs tableaux par des gens de métier, qui appliquent des règles basées sur la géométrie, c'est-à-dire de véritables procédés mécaniques.

La photographie nous donne une représentation perspective rigoureusement exacte des sujets qu'elle représente. Considérons, en effet, une chambre noire munie, pour plus de simplicité, d'une simple ouverture sténopéique O (fig. 1), et soient A, B, C...

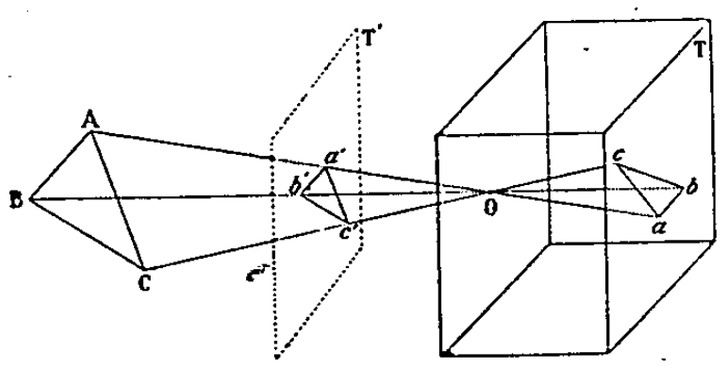


FIG. 1.

une série de points d'un objet placé, devant elle, à l'extérieur; ces points donnent sur la plaque sensible T' des images *a'*, *b'*, *c'*... On sait que, sur le phototype négatif, les blancs de l'objet viennent en noir, les noirs en blanc, et qu'en outre, l'image est renversée : regardant la couche de gélatine du cliché, on voit à droite ce que l'œil, placé en O et regardant l'objet, aurait vu à gauche, et réciproquement. Le tirage des photogrammes a pour effet de redresser l'image et de rétablir l'ordre des blancs et des noirs. Il en résulte que le photogramme peut être rigoureusement superposé à l'image perspective *a*, *b*, *c*, qui serait obtenue sur un tableau T occupant, par rapport au point de vue O, une position exactement symétrique de celle occupée par la plaque T', lors de la pose. Si notre chambre avait été munie d'un objectif et non d'un sténopé, il aurait été facile de montrer que la perspective est tout aussi fidèle, à la condition que cet objectif ne déforme pas les lignes, c'est-à-dire soit exempt de distorsion.

Il résulte de ce fait que, si on a soin d'examiner le photogramme positif *a*, *b*, *c*... *avec un seul œil placé exactement au point de vue O*, c'est-à-dire en un point occupant par rapport au photogramme la position même qu'occupait le centre optique (ou mieux le *point nodal d'émergence*) de l'objectif par rapport à la plaque sensible lors de la pose, l'œil aura exactement la même impression que s'il regardait l'objet lui-même A, B, C... et si, sur le photogramme, les couleurs étaient distribuées comme sur l'original, l'illusion serait complète.

Les traités de perspective appliqués à la peinture nous indiquent que *théoriquement* c'est ainsi qu'on devrait examiner un tableau.

Il n'est pas besoin de beaucoup d'observation pour voir que, dans un musée ou dans une exposition de peinture, personne ne suit cette règle : on regarde en général un tableau avec les deux yeux et il est bien rare qu'on se place exactement au point de vue; celui-ci est d'ailleurs parfois si haut qu'on ne peut placer l'œil dans le plan d'horizon choisi par l'artiste; parfois même, le point de vue se trouve en dehors de la salle; enfin, on se déplace pour examiner les détails.

Et, cependant, on n'en a pas moins une certaine impression de réalité.

C'est que le déplacement de l'œil de l'observateur ne cause pas de trop grandes déformations et que, d'ailleurs, ces déformations ne détruisent pas l'harmonie du tableau. C'est aussi que la perspective n'a pas été construite d'un point de vue absolument fixe : l'œil du peintre est mobile; en outre, au fur et à mesure qu'il achève son œuvre, il juge de l'effet en l'examinant avec les deux yeux; c'est donc que la distance principale (distance du point de vue au tableau) est en général relativement grande; et les déformations causées par le déplacement de l'œil du spectateur sont d'autant plus faibles que cette distance principale est plus grande.

Je prends à témoin de ces observations les *Noces de Cana*, le *Repas chez Simon le pharisien*, de PAUL VÉRONÈSE; ou des tableaux, de moindre format, tels que la *Messe au chœur de Notre-Dame*, de JOUVENET; l'*Intérieur de l'église Saint-Pierre de Rome* de PANNINI, etc.; il est indubitable que l'harmonie de ces compositions n'est nullement détruite quand le spectateur se déplace dans un sens ou dans l'autre, même d'une distance comparable aux dimensions de ces toiles; c'est d'ailleurs le cas bien connu du tableau de l'*Archer visant à la fois tous les spectateurs*, ou du *joli portrait qui sourit à tout le monde à la fois*.

Au contraire, l'œil photographique, l'objectif, demeure immobile durant la pose et, de plus, est unique. En outre, la distance principale, qui n'est autre que le tirage de la chambre (égale ou légèrement supérieure à la distance focale principale de l'objectif) ne dépasse guère quelques décimètres.

Aussi, si le spectateur borgne et immobile des théoriciens est une pure chimère quand il s'agit de peinture, il n'en est plus de même quand il s'agit de photographie.

Une photographie obtenue avec un tirage de la chambre de 0 m. 30, de 0 m. 40, de 0 m. 50., etc. doit être examinée *avec un seul œil, placé à une distance de* 0 m. 30; de 0 m. 40; de 0 m. 50 de *l'image positive*. En opérant ainsi, on éprouvera une sensation de relief aussi agréable que celle fournie par l'emploi du stéréoscope.

L'illusion est encore plus complète si l'on a soin d'isoler l'image observée afin de supprimer toute comparaison des dimensions du tableau avec les objets qui l'entourent, et de faire, par suite, disparaître toute sensation du plan de l'image pour ne laisser que celle du sujet représenté.

C'est ce que l'on fait en plaçant devant l'œil un petit tube conique noirci intérieurement, ou, simplement, la main fermée Un dispositif qui donne un excellent résultat consiste à tirer du phototype négatif un photogramme transparent sur verre, à le mettre à la place du verre dépoli de la chambre noire et à l'examiner à travers une petite ouverture percée dans une planchette remplaçant la planchette d'objectif. On avance ou on éloigne le photogramme jusqu'à ce qu'on obtienne le meilleur effet.

Mais, jusqu'à présent, nous n'avons pas tenu

compte des conditions physiologiques de la vision. Notre œil, on le sait, ne peut voir distinctement que les objets situés à une distance supérieure à une certaine distance, dite *distance minima de la vision distincte*, variable avec l'individu et avec l'âge, et dont la valeur moyenne est de 25 à 30 centimètres.

Il en résulte que l'on ne peut examiner dans de bonnes conditions que les images photographiques obtenues avec un tirage de la chambre noire supérieur à la distance minima de vision distincte. Une photographie obtenue avec un tirage de la chambre inférieur à cette distance est placée, quand on la regarde, à une distance de l'œil au moins égale à la distance minima de vision distincte, c'est-à-dire à une distance beaucoup trop grande.

L'œil, n'étant pas placé au point de vue exact voit l'objet reconstitué plus ou moins déformé. C'est pour cette raison que l'on dit souvent, *à tort*, que les objectifs à courte distance focale principale (grands angulaires) déforment la perspective. En réalité, tout objectif, à la condition d'être exempt de distorsion, donne une représentation perspective exacte des objets représentés.

On obvie à cet inconvénient en agrandissant les images photographiques données par de tels objectifs. Deux perspectives obtenues sur des tableaux parallèles, mais situés à des distances différentes OP, OP′ du point de vue O sont semblables, comme le montre la figure 2, et les dimensions homologues *a*P, *a*′P′ de deux lignes correspondantes sont entre elles dans le même rapport que les deux distances principales OP, OP′.

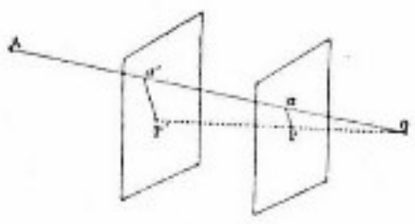


FIG. 2.

Autrement dit, agrandir une image photographique revient à lui en substituer une autre identique à celle qu'on aurait obtenue en photographiant le même sujet avec une objectif de plus grande distance focale.

L'amplification des images photographiques ayant pour effet d'augmenter la distance principale, une photographie agrandie devient comparable à un tableau. Plus elle est agrandie, moins, lorsqu'on l'examine (à tort) avec les deux yeux, l'absence de la seconde représentation relative au second œil se fait sentir. Ceci nous explique pourquoi les jurys d'admission aux expositions d'art photographique, jurys souvent composés d'artistes peintres, donnent le plus souvent la préférence aux agrandissements.

Phototype J. GABEZYNSKI.

PRÈS DU FEU (SALON DU PHOTO-CLUB, 1903).

L'amplification peut se faire soit d'une manière définitive, en tirant du phototype négatif un photogramme positif agrandi, soit temporairement en examinant l'image à travers une loupe ou en la projetant.

Au moyen de la loupe (fig. 3) on examine la photographie *ap* de manière que l'image amplifiée AP ait son point de vue O confondu avec la position de l'œil de l'observateur.

Dans le cas des projections, le rapport d'amplification est fixé par les dimensions relatives de l'écran et de la diapositive qu'on se propose d'y projeter. Supposons que ce rapport soit 20 et que la distance de l'écran au centre de la salle soit de 3 mètres. Il faudra, pour que la sensation perçue par les divers spectateurs soit aussi vraie et aussi peu différente que possible, que le point de vue O de l'image projetée soit à une distance OP de l'image projetée égale à

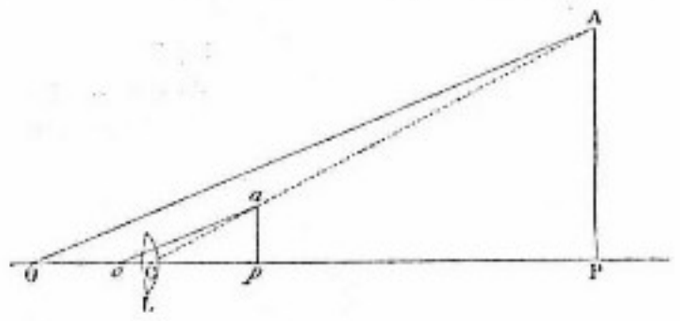


FIG. 3. — EXAMEN D'UNE PHOTOGRAPHIE A LA LOUPE.

3 mètres, ce qui demande que la distance principale O*p* de l'image inscrite sur la diapositive soit d'un vingtième de 3 mètres, c'est-à-dire de 15 centimètres.

En réalité, seul le spectateur placé en O (fig. 4) jouit de tout l'effet. Ceux qui sont devant lui voient les objets agrandis et, pour eux, la vue perd de sa profondeur; pour ceux qui sont de part et d'autre du point O, la perspective est fausse; mais, comme nous l'avons dit, les déformations sont d'autant plus faibles et nuisent d'autant moins à l'harmonie

du tableau projeté que la distance OP est plus grande.

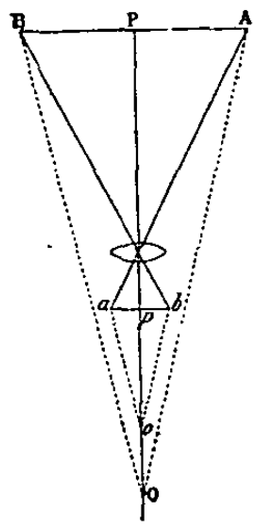


FIG. 4. — PROJECTIONS.

La projection présente un autre avantage : l'obscurité dans laquelle on est obligé de plonger la salle a pour effet d'*isoler* le tableau projeté, de telle sorte que la sensation de la surface plane de l'écran disparaît totalement.

Ces diverses considérations nous expliquent pourquoi telle petite épreuve examinée directement ne dit rien, alors que, projetée, elle tient sous le charme tout un auditoire.

G.-H. NIEWENGLOWSKI.

PHYSIQUE

Sur les cristaux d'iodure mercurique jaune.

La variété jaune (orthorombique) d'iodure mercurique n'est la forme stable de cette substance qu'au delà de 126°, et pourtant quand on condense des vapeurs d'iodure mercurique rouge (quadratique) produites au-dessous de 126°, ou que l'on précipite cette substance de ses dissolutions, — par évaporation au-dessous de 126° ou par un refroidissement de plus en plus énergique — c'est toujours la variété jaune qui apparait. Elle se transforme ensuite plus ou moins lentement dans la variété rouge stable au-dessous de 126°.

M. Gernez laisse tomber quelques gouttes de la dissolution essayée sur un verre de montre fermant incomplètement l'orifice d'un vase dans lequel on chauffe un liquide bouillant au-dessous de 126°; l'évaporation se produit et la variété jaune apparait. Introduite dans un tube étroit et disposé horizontalement, la variété jaune se produit encore dès que l'on refroidit suffisamment la dissolution. En prenant comme dissolvant l'anhydride acétique ou le chloroforme, le liquide devient jaune et se prend en masse lorsqu'on le refroidit au moyen de l'air liquide. Par réchauffement il se dépose des cristaux jaunes.

M. Gernez a fait porter ses expériences sur plus de soixante dissolvants appartenant aux groupes chimiques les plus différents, et jamais la variété rouge ne s'est manifestée la première. Le problème de cette intéressante transformation, qui avait reçu jusqu'à ce jour des solutions contradictoires, se trouve définitivement résolu.

Sur la production du courant alternatif de convection.

D'après *Maxwell*, le déplacement d'un corps chargé *statiquement* produit un champ électro-magnétique. Dans une expérience mémorable, *Rowland* a constaté qu'un disque électrisé en rotation agissait sur une aiguille aimantée comme le ferait un courant circulaire centré sur l'axe. La déviation augmente avec la vitesse et change de sens avec elle ou avec le signe de la charge. *M. Lippmann*, qui s'est occupé il y a vingt-quatre ans de ce phénomène d'une si haute importance théorique, a pensé à substituer à l'effet magnétique du courant de convection un effet d'induction. Mais un phénomène d'induction exige, pour se produire, soit le déplacement d'un circuit dans le champ magnétique du courant de convection, soit une variation dans l'intensité ou le sens du courant de convection. C'est ce dernier mode qui paraît plus pratique, qu'ont choisi d'abord *M. V. Cremieu*, il y a quelques années, puis tout récemment *M. Vasilesco-Karpen*, dans leurs recherches bien connues. M. V. Cremieu charge et décharge périodiquement le disque tournant au moyen d'un commutateur approprié; la charge du disque passe donc de la valeur zéro à la valeur $\pm m$, puis de $\pm m$ à zéro, suivant une loi du temps, d'ailleurs difficile à préciser. M. V. Karpen fait passer périodiquement la charge du disque de $-m$ à $+m$, suivant une loi sensiblement sinusoïdale, au moyen d'un transformateur alimenté par un courant alternatif. Dans les deux cas, les courants de convections variables agissent par induction sur des cerceaux dont les plans sont parallèles à celui du disque.

Il est à remarquer qu'en opérant de cette manière, il y a à la fois entraînement de la charge par le porteur, et variation périodique rapide de la densité de charge en chaque point. Il est facile de s'affranchir des fluctuations périodiques du champ électrostatique du condensateur en expérience; il suffit pour cela, la charge du condensateur étant maintenue invariable, de *faire vibrer* l'armature mobile sur elle-même. La charge constante m subit alors un déplacement vibratoire dont la vitesse varie périodiquement de $-v_0$ à $+v_0$. En substituant ainsi l'*alternance mécanique* à l'*alternance électrique*, seule réalisée jusque-là, non seulement on revient au cas simple de l'entraînement mécanique d'une charge constante, mais encore on élimine les perturbations produites sur les appareils indicateurs par les champs magnétiques variables.

Il est facile de discuter complètement la question, mais il suffit de remarquer que l'effet induit est proportionnel au *carré de la fréquence* et à l'*amplitude circulaire* de la vibration pour se faire une idée précise de la grande sensibilité du dispositif.

Il ne serait peut-être pas inutile de réaliser l'expérience de Maxwell, sous cette forme, en raison des conséquences de premier ordre qui découlent de la théorie de cet illustre physicien.

Sur les canons paragrêles.

M. Violle se propose d'étudier méthodiquement « le long sifflement se prolongeant inégal pendant dix à quinze secondes », qui succède à la détonation proprement dite.

Presque à chaque coup le canon, chargé à poudre à la dose d'environ 100 grammes, lance, en dehors d'une masse gazeuse, « une belle couronne de fumée, en forme de tore, semblable à celle que sait produire un fumeur habile ». Elle s'élève dans l'atmosphère pendant que les particules qui la constituent « roulent sur elles-mêmes et autour de l'axe circulaire de la couronne, le mouvement sur chaque section droite à l'intérieur de l'anneau étant de même sens que le mouvement de translation ». Le sifflement est lié à l'existence de ce projectile gazeux, et c'est ce sifflement que les Bourguignons appellent *la vibration*, qui aurait d'après eux la vertu magique de disperser les orages, de faire taire le tonnerre, de conjurer la grêle ».

A. GUILLET.

AGRONOMIE

La hausse du blé.

Nous avons assisté depuis janvier jusqu'en avril de l'année courante à une hausse progressive des prix du blé. Les agriculteurs n'étaient pas très satisfaits des conditions dans lesquelles les semailles se sont effectuées; et, bien que la récolte précédente ait été bonne, les stocks disponibles paraissaient épuisés. A Paris on a noté par quintal les prix moyens suivants :

	Francs.
Janvier 1903	20,80
Février —	21,95
Mars —	22,98
Avril —	23,25

Les gelées d'avril ont déterminé une hausse brusque en mai. Il est incontestable qu'elles ont causé aux récoltes un préjudice très appréciable.

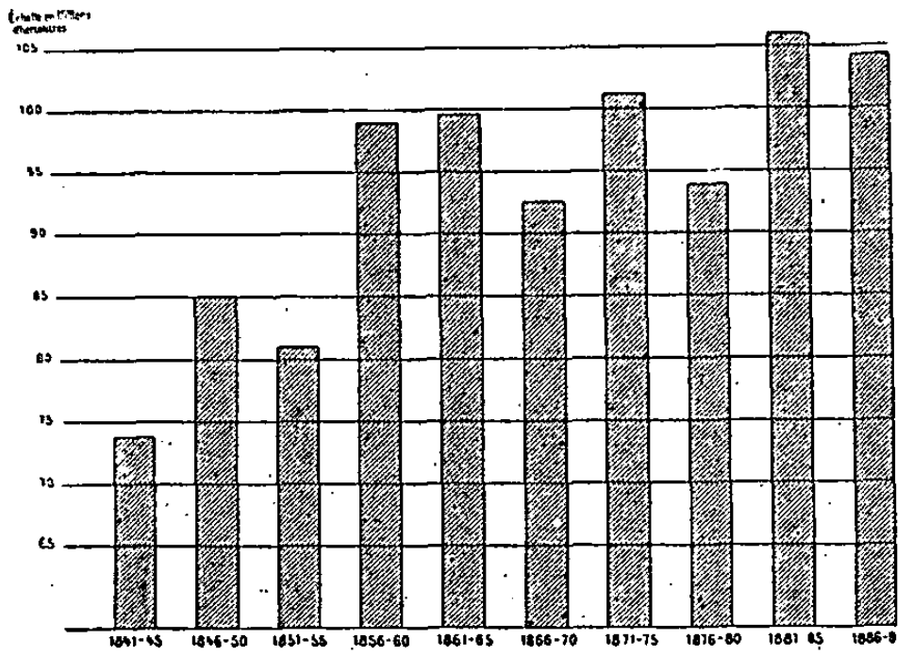


FIG. 1. — RÉCOLTE DU FROMENT EN FRANCE (1841-1890).

Dans les contrées à sols compacts et humides, sur les terres froides, comme disent les cultivateurs, les blés étaient clairs et chétifs. Quelle est l'importance réelle des dégâts? Il fallait attendre la moisson pour s'en rendre compte. Néanmoins les doléances furent générales. Aussi les prix se sont rapidement élevés.

Cette augmentation soudaine s'explique. Au début d'une période de hausse les détenteurs de blé se réservent, espérant vendre plus cher quelques semaines après. Naturellement le marché se resserre, et les cours montent d'autant plus vite que les offres des acheteurs se multiplient.

Que les craintes des producteurs de blé soient exagérées ou non, toujours est-il que le blé a atteint dans les premières semaines de mai le prix élevé de 24 fr. 85 par quintal.

Augmentation de la farine et du pain.

Les farines ont augmenté en conséquence. Les 100 kilog. (bonnes marques) ont été cotés à Paris :

	Francs.
Janvier 1903.	29,75
Février —	32,00
Mars —	32,80
Avril —	33,25
Mai —	35,15

Tandis que de janvier à mai le blé a monté de 4 fr. 05, le prix de la farine s'est élevé de 5 fr. 40. Faut-il attribuer cette différence à la spéculation, comme d'aucun l'ont affirmé, ou à je ne sais quelle impressionnabilité du cours des farines dont les causes sont difficiles à indiquer? Nullement. Cette différence est parfaitement légitime. Pour obtenir 100 kilog. de farine il faut évidemment traiter plus de 100 kilog. de blé — 140 kilog. environ. — La hausse subie par quintal de farine est donc supérieure à celle qui correspond à un quintal de blé. La farine a augmenté de janvier à fin mai de 15 p. 100 de sa valeur.

Pendant la même période le prix du blé s'est aussi élevé de 15 p. 100. Le cours des farines a donc suivi fidèlement celui des blés.

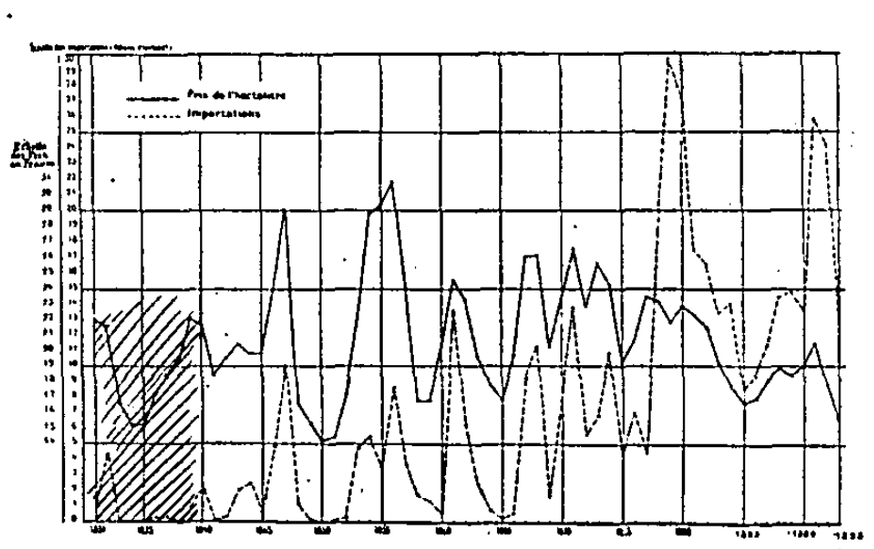


FIG. 2. — VARIATIONS SIMULTANÉES DU PRIX ET DES IMPORTATIONS DU FROMENT EN FRANCE (1840 1894).

On ne peut en dire tout à fait autant du prix du pain. Pour faire 100 kilog. de pain il faut environ 75 kilog. de farine. Il en résulte que l'augmentation supportée par 100 kilog. de pain et les $\frac{75}{100}$ de 5 fr. 4, c'est-à-dire 4 fr. 05, ce qui correspond à 0 fr. 0405 par kilog. Or le prix du kilogramme de pain a été élevé en mai de 5 centimes. Les boulangers ont donc profité du mouvement? Il ne faut pas trop se hâter de conclure. Le pain n'a été augmenté que vers la fin de mai. Or les farines sont en progression depuis janvier.

Pendant les 4 premiers mois de l'année les boulangers ont dû supporter la hausse des farines et il est juste qu'ils rentrent aujourd'hui dans leurs déboursés.

Si le prix du pain n'a pas suivi régulièrement celui de la farine, cela tient à la répugnance qu'éprouve le public à fractionner la pièce de 5 centimes, le sou. Les boulangers ont attendu que la hausse des farines fût suffisante pour légitimer une augmentation d'un sou par kilog. de pain.

Mais cette élévation se fait lourdement sentir sur

les ménages ouvriers et on a songé à remédier à cet état de chose.

Faut-il abaisser les droits de douane?

On sait que les blés étrangers pour pénétrer en France doivent acquitter un droit d'entrée de 7 francs. Faut-il supprimer ou tout au moins abaisser momentanément ce droit? Le ministre de l'agriculture sollicité a répondu non. J'estime qu'il a eu raison. Ce n'est pas que je sois un fervent du protectionnisme, mais je pense que la crise actuelle est arrivée à son apogée et qu'elle ne saurait se prolonger bien longtemps. Au surplus, et malgré quelques mouvements de hausse rapidement arrêtés, nous traversons une période de baisse pendant laquelle la réforme douanière ne peut aboutir.

Il est facile de montrer tout d'abord que le prix du blé ne peut s'élever davantage. Le marché étranger est en effet abondamment pourvu et rien ne fait présager une hausse future. A Londres les cours du froment se sont maintenus depuis janvier aux environs de 16 fr. 50. Il y a donc entre les blés étrangers et les français une différence de 7 fr. environ, différence précisément égale au montant du droit de douane. Pour peu que le prix du blé s'élève en France, les blés étrangers y pénétreront, limitant la hausse. Si le blé atteint et se maintient quelque temps à 15 fr. par exemple, le détenteur étranger réalisera au Havre, après avoir acquitté le droit de 7 fr., une somme de 18 fr., supérieure par conséquent de 1 fr. à celle qu'il aurait obtenue sur le marché anglais où les blés ne sont soumis qu'à un simple droit de statistique de 0 fr. 60.

Il est donc inutile de recourir à une réduction des droits de douane pour limiter une hausse qui s'arrête naturellement d'elle-même. Au surplus la récolte de 1902 ayant été bonne, les approvisionnements des agriculteurs français, tenus jusqu'ici en réserve, vont apparaître sous peu sur le marché. Il peut même arriver qu'il se produise alors une baisse rapide, les détenteurs désirant écouler au plutôt, à la faveur des prix élevés, leurs stocks. C'est un phénomène qu'on constate régulièrement. Le vendeur, craignant un affaissement des prix, se hâte de réaliser, et les offres se multipliant, les cours fléchissent brusquement. Une réduction des droits précipiterait la baisse, et devant l'effondrement des cours les cultivateurs et avec eux les protectionnistes ne manqueraient pas d'attribuer tout le mal à cette mesure. Une fois encore les libéraux seraient accusés d'avoir ruiné l'agriculture!

Influence des importations étrangères et des droits d'entrée.

Je disais plus haut que nous traversions une période de baisse au cours de laquelle il est au moins imprudent de toucher aux droits de douane. Pour nous en rendre compte et nous faire une idée exacte sur l'influence de l'importation étrangère et l'efficacité réelle des droits d'entrée, il est nécessaire de jeter un coup d'œil rapide sur les variations du prix du blé au siècle dernier. Nous verrons, et c'est un point qui a été admirablement mis en lumière par M. Daniel Zolla, le distingué professeur de l'École Nationale de Grignon et de l'École des sciences politiques, que les importations étrangères ne peuvent expliquer la baisse des prix du blé puisqu'elles ne se produisent que lorsque les cours sont élevés et que, si les droits de douane peuvent présenter dans certains cas une efficacité remarquable, ils sont impuissants à maintenir les prix en période de baisse.

En 1819, pour enrayer la baisse et aussi préoccupé de s'opposer aux exportations de blé lorsque les prix s'élèvent, le législateur institua, à l'exemple de l'Angleterre, le régime de l'échelle mobile. La loi interdisait les exportations de blé quand le prix dépassait un certain chiffre. Pour les importations, au-dessus de 25 fr., pas de droit à acquitter à l'entrée. Si les cours tombent à 24 fr., 1 fr. de droit, 2 à 23 fr., etc. Pour une baisse de 1 fr. les droits étaient relevés de 1 fr. A la vérité cette législation produisit une élévation des prix, mais moins considérable qu'on ne l'avait espéré.

L'effet de ces droits ressort des prix plus élevés obtenus en Angleterre où les droits étaient plus forts. Cependant ils sont impuissants à conjurer la baisse. Elle se poursuit sans interruption jusqu'à l'année 1827, ainsi que le montre le tableau suivant :

Années.	Prix du quintal.	Importations.
	Francs.	Hectolitres.
1820.	19,13	495 000
1821.	17,74	442 000
1822.	15,59	0
1823.	17,52	0
1824.	16,22	0
1825.	15,74	0
1826.	15,85	0
1827.	18,21	44 000

Cette baisse tient-elle aux importations? Non; il suffit de jeter les yeux sur le tableau ci-dessus pour constater qu'elles cessent complètement de 1822 à 1827, alors que le prix moyen du blé est inférieur à 16 fr. D'ailleurs elles sont d'autant plus considérables que les prix sont plus élevés. La raison de ce phénomène est simple. Lorsque les prix sont très bas les blés étrangers délaissent le marché français, où ils ne trouvent pas un débouché avantageux, mais il suffit qu'une baisse se produise pour qu'aussitôt les importations reprennent, comblant ainsi les vides de la production nationale (fig. 2).

Ce régime douanier a persisté, atténué ou aggravé, jusqu'en 1860. Le blé, depuis 1850, se vendait assez bien. — Le prix moyen pendant cette période atteint 22 fr. 25, — les droits de douane à l'importation furent supprimés. Seule subsista une taxe de 0 fr. 60 par quintal. Et cependant, jusqu'en 1880, les prix augmentèrent, atteignant une valeur moyenne de 23 fr. 30.

Années.	Prix du quintal.	Importations.
	Francs.	Hectolitres.
1861-65.	20,40	4 721 000
1866-70.	22,40	5 752 000
1871-75.	23,70	8 431 000
1876-80.	22,30	17 479 000

Ainsi que nous l'avions déjà observé précédemment, les importations étrangères s'accroissent au fur et à mesure que les prix s'élèvent. Ce parallélisme apparaît avec évidence sur les courbes qui représentent les variations des prix et des importations de blé

Une période de baisse a commencé en 1880; elle s'est continuée jusqu'à nos jours. On s'est efforcé, pour y remédier, de produire des quantités croissantes de blé. Néanmoins, les dépenses restant élevées, cette période a été pour les agriculteurs une période de pertes très sensibles. La dépression des prix fut, comme il arrive régulièrement, attribuée à la concurrence étrangère. Les importations, cependant, restaient constantes ou même s'abaissaient.

Néanmoins les protectionnistes triomphèrent et, en 1885, un droit de douane de 3 fr. fut établi à l'entrée des blés étrangers. Deux ans après, en 1887, il fut porté à 5 fr. Il se produisit aussitôt après une baisse singulière. Elle doit être attribuée à ce fait que les négociants font entrer avant l'application des droits de grandes quantités de blé qu'ils s'efforcent d'écouler le plus vite possible, et les prix s'infléchissent pendant 6 mois, 1 an. Malgré tout, la baisse des prix continuait; le droit de douane fut élevé à 7 fr. en 1894. Or, chose remarquable, à aucune époque, depuis Louis XIV, les cours de blé n'étaient descendus aussi bas que de 1895 au milieu de l'année 1897.

Causes des variations des prix du blé.

Puisque la baisse des prix du blé ne peut s'expliquer par les importations étrangères, à quelles causes faut-il donc l'attribuer? Ces causes sont de deux sortes : les unes tiennent à la marchandise, les autres se rapportent à la crise monétaire qui a produit une baisse générale des prix.

Grâce aux progrès des méthodes de culture : emploi des engrais complémentaires et des machines agricoles, sélection des graines de semence, etc., les rendements ont notablement augmenté. En 1850 la production moyenne était en France de 13 hl. à l'hectare. Elle s'élève aujourd'hui à plus de 18 hl. De plus les surfaces emblavées ont été considérablement accrues. Elles comprennent aujourd'hui plus de 7 millions d'hectares au lieu de 5 en 1840. Il en est résulté une augmentation énorme de la production totale dont le tableau suivant indique la progression.

Période.	Production annuelle.
	Millions d'hectol.
De 1831 à 1835.	67
1836 à 1840.	69
1841 à 1845.	74
1846 à 1850.	85
1851 à 1855.	81
1856 à 1860.	98
1861 à 1865.	99
1866 à 1870.	92
1871 à 1875.	101
1876 à 1881.	89
1881 à 1885.	105
1886 à 1890.	104

Ce mouvement ascensionnel se continue depuis 1890 et la récolte moyenne annuelle de la France oscille autour de 120 millions d'hl. Le graphique ci-dessus permet de se rendre compte d'un coup d'œil de l'importance de ces accroissements (fig. 1).

A cette première cause de baisse il faut ajouter la diminution des frais de transport sur terre et sur mer.

Il existe enfin une cause économique d'ordre général qui a déterminé une baisse des prix de toutes les denrées. Il s'agit de la crise monétaire produite par la dépréciation de l'argent. Ce métal, à la suite de sa démonétisation en Allemagne, France, Angleterre, a perdu de son utilité. Il n'est plus dans l'intérieur de chaque état qu'une monnaie d'appoint, l'or seul étant utilisé dans les échanges internationaux. Il s'est produit une rareté relative de ce dernier métal qui a accru sa valeur d'achat. D'autant plus que tandis que les transactions internationales augmentaient, que les grandes banques publiques constituaient des encaisses considérables, la quantité d'or produite diminuait, au moins jusqu'à ces dernières années. L'or est devenu plus rare et conséquemment plus précieux, de telle sorte qu'avec une somme donnée on pouvait acquérir un poids de marchandise supérieur à celui qu'on obtenait auparavant avec la même somme. Il s'est produit de ce chef une baisse générale des prix et spécialement du blé.

Hausse générale prochaine probable. Réforme douanière.

Mais cette cause de la dépression des cours ne subsiste plus aujourd'hui. Depuis 1895 la production de l'or a pris une grande extension. L'extraction augmente d'année en année et rien n'indique que ce mouvement s'arrêtera prochainement. En résultera-t-il, d'ici quelques années, une diminution du pouvoir d'achat du métal or qui se traduira par une hausse générale? D'excellents esprits l'affirment. A ce moment la revision de notre régime douanier s'imposera et nul doute que les idées libérales ne triomphent. Mais il est impossible pour l'instant de songer à supprimer ou même à réduire notablement les droits. Ceux-ci, en effet, quoique impuissants à maintenir les cours du blé en période de baisse, sont cependant d'une efficacité certaine à notre époque. Depuis 1895 jusqu'aujourd'hui ils ont provoqué une élévation des prix qui s'accuse nettement par la comparaison des prix du marché français avec ceux de Londres. L'écart par quintal est actuellement de 6 fr. environ. La supression des droits entraînerait vraisemblablement une diminution immédiate de 4 à 5 fr. par quintal provoquant une panique qui aurait pour conséquence de précipiter la baisse ainsi amorcée. Et il faut bien reconnaître aussi qu'au-dessous de 20 fr. la culture du blé n'est pas rémunératrice et que le sort de l'agriculture nationale est lié au maintien des droits jusqu'à ce que nous entrions définitivement dans une période de hausse notable et persistante. Alors seulement la réforme de notre régime douanier pourra être tentée avec succès.

L. GIZOLME.

Revue des Applications des Sciences

Lampe à alcool gazéifié par une flamme auxiliaire
(voir le n° 8 de la Revue).

Parmi les lampes de ce type nous citerons le *Bec Régina* n° 2 (fig. 3) dont les deux jets de flamme viennent lécher la partie interne des tubes porte-mèche et échauffent la chaudière; une vis-pointeau en règle la hauteur, c'est-à-dire le débit de la chaudière en gaz d'alcool, en d'autres termes, la marche même de la lampe.

Pour éteindre, on souffle sur ces deux jets; la flamme de la lampe baisse ensuite peu à peu et s'éteint à son tour.

Ce bec a donné 48 bougies et consommé 2 gr. 08 d'alcool dénaturé par bougie-heure.

Élévation et coupe par les mèches.

Coupe verticale par l'axe du tube des 2 veilleuses.

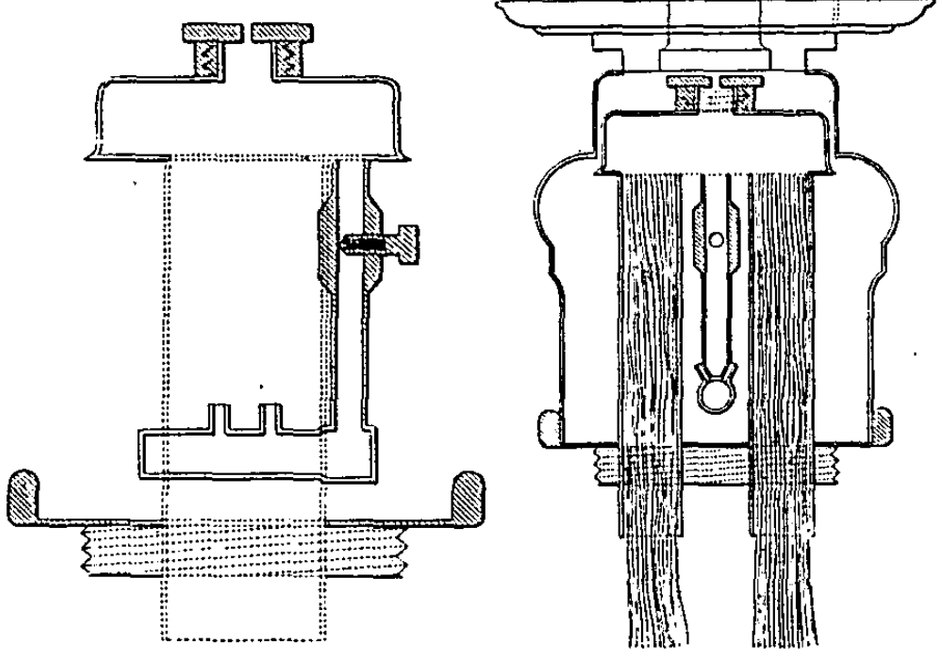


FIG. 3. — BEC RÉGINA, A VEILLEUSE DÉRIVÉE.

Intensité : 48 bougies. Consommation en alcool dénaturé : 2 gr. 08 par bougie-heure.

Dans le bec *Delamotte*, un perfectionnement se trouve réalisé par ce fait que le gaz de la flamme dérivée est emprunté, non pas à la chaudière, mais au tube de Bunsen lui-même, il est donc déjà mélangé d'air et susceptible d'un meilleur rendement calorifique. Les trous pratiqués à cette fin dans le tube de Bunsen, vers son tiers supérieur, débouchent dans le joint annulaire qui règne entre ce tube et la chaudière annulaire.

S'écoulant de la chaudière vers le bas du tube de Bunsen, le gaz d'alcool passe par un tube muni d'une vis-pointeau manœuvrée par la clef de réglage. Pour éteindre, on serre cette vis à fond.

Le manchon est suspendu à une potence reliée à une bague, coiffant le tube de Bunsen, et très facilement enlevable pour les nettoyages, que l'on peut alors effectuer sans crainte de dégrader le manchon.

Ce bec, pour une intensité lumineuse de 66 bougies, a consommé 1,6 d'alcool par bougie-heure. Il est très bien établi.

Il peut fonctionner sans verre; les 5 mèches amenant l'alcool à la chaudière, n'étant pas chauffées directement, ont une longue durée (fig. 4).

L'allumage se fait à l'aide d'une topette, qui allume le bec lui-même, en une minute environ.

A côté de ces lampes domestiques, nous décrirons un bec établi pour de très fortes intensités, le bec *Roger* (fig. 5), destiné à éclairer d'assez grands espaces. Il emploie, pour gazéifier l'alcool, une dérivation partant du tube de Bunsen, comme le bec Delamotte; ici, les jets de flamme entourent la chaudière, où l'alcool liquide arrive sous une forte pression, 2 kg. environ; le gaz d'alcool en sort avec violence en entraînant l'air dans le Bunsen.

Pour l'allumage, on verse de l'alcool dans un godet, où vient tremper l'extrémité inférieure d'un tube contenant une mèche et percé de trous comme une rampe à gaz. La flamme du godet com-

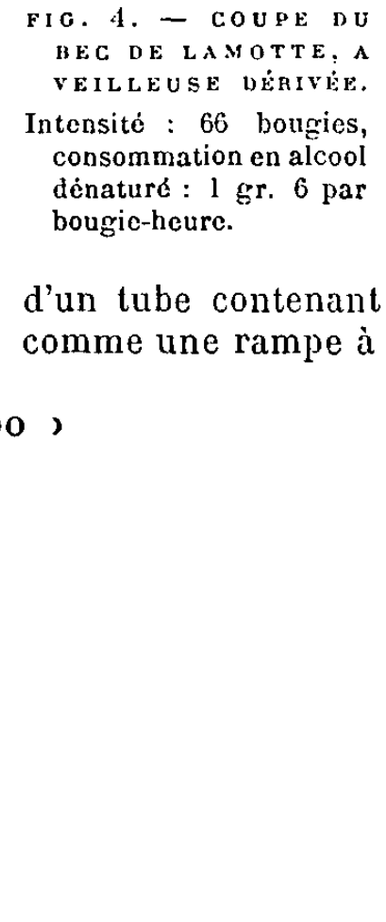


FIG. 4. — COUPE DU BEC DE LAMOTTE, A VEILLEUSE DÉRIVÉE.

Intensité : 66 bougies, consommation en alcool dénaturé : 1 gr. 6 par bougie-heure.

Coupe.

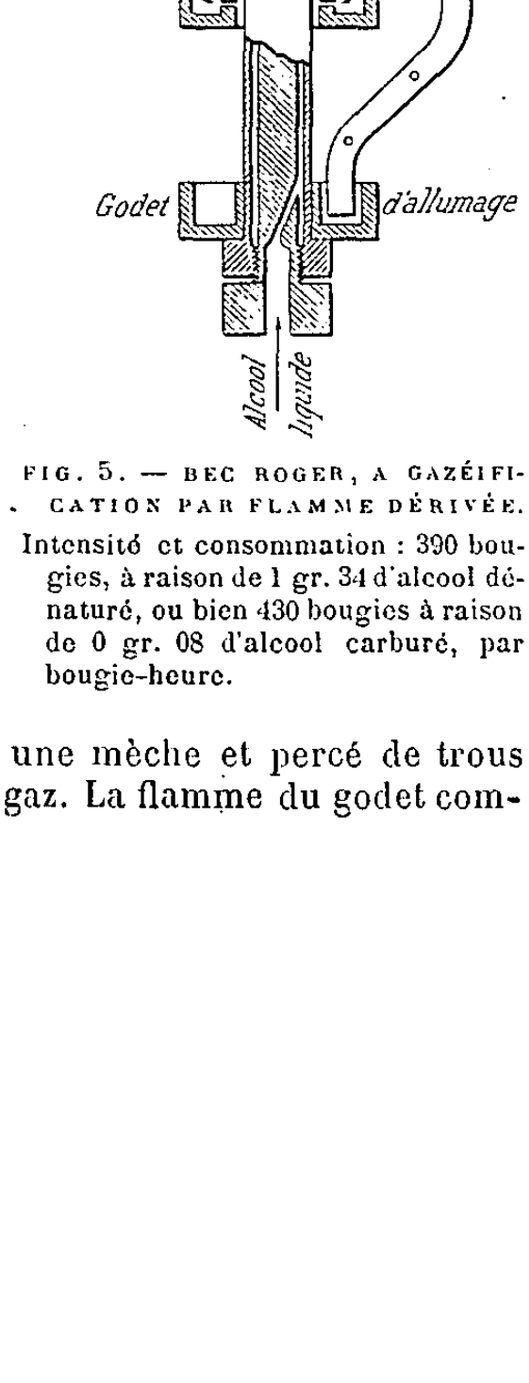


FIG. 5. — BEC ROGER, A GAZÉIFICATION PAR FLAMME DÉRIVÉE.

Intensité et consommation : 390 bougies, à raison de 1 gr. 34 d'alcool dénaturé, ou bien 430 bougies à raison de 0 gr. 08 d'alcool carburé, par bougie-heure.

mence la vaporisation de l'alcool, et met ensuite le feu aux flammes dérivées : quant au bec, il est allumé par le tube-rampe, dont les trous se sont successivement allumés en commençant par celui du bas; ils s'éteignent dès que l'alcool du godet est consumé.

L'extinction du bec se produit par suppression de l'arrivée de l'alcool.

Le bec Roger a donné 390 bougies, en consommant 1 gr. 34 d'alcool dénaturé par bougie-heure, ou bien 430 bougies avec l'alcool carburé à 50 p. 100 de benzol, à raison de 0 gr. 8 par bougie-heure [1].

C. — *L'alcool est gazéifié par la flamme même du Bunsen.*

On peut classer dans cette catégorie les becs qui n'empruntent de chaleur gazéifiante qu'à des pièces *intérieures* au manchon, et n'ont pas d'autre flamme que celle du Bunsen. Ils s'allument avec une topette d'alcool.

Nous y placerons la lampe *Hélios*, de la Compagnie générale de l'alcool (fig. 6), où le manchon est soutenu par une fourche dont la tige est contenue dans un épais tube de cuivre, transmettant la chaleur du bec à la chaudière, dans laquelle débouchent les mèches amenant l'alcool liquide.

FIG. 6. — BEC HÉLIOS.

Intensité : 75 bougies. Consommation en alcool dénaturé : 1 gr. 58 par bougie-heure.

La lampe Decamps repose également sur ce principe.

Dans la lampe *Hantz* (fig. 6 *bis*), l'alcool est amené au point de vaporisation à l'aide de la pression d'air comprimé d'avance dans un réservoir inférieur, placé dans le pied de la lampe; la pression est maintenue constante à la surface de l'alcool grâce à un ingénieux régulateur. La mèche de coton n'est donc pas nécessaire.

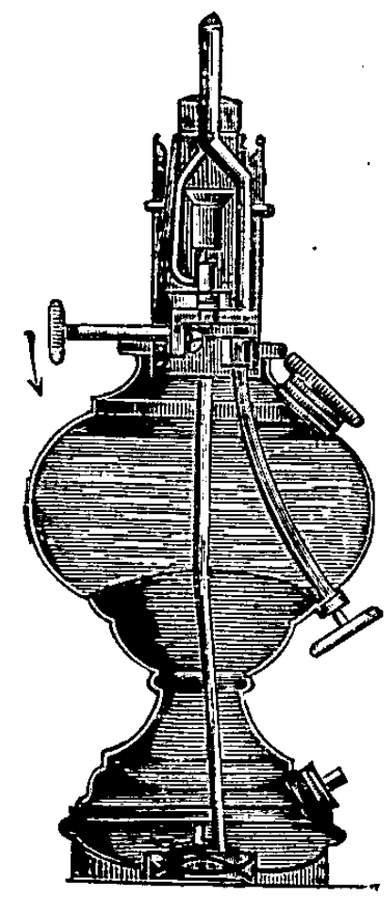


FIG. 6 BIS. — LAMPE HANTZ.

Intensité : 22 bougies, à raison de 2 gr. 02 d'alcool dénaturé par bougie-heure.

La tige de récupération, verticale, creuse, est disposée dans l'axe de la flamme du Bunsen.

Il existe plusieurs numéros de ce bec; celui de 22 bougies dépense 2 gr. 02 d'alcool dénaturé par bougie-heure.

D. — *L'alcool est gazéifié par récupération.*

Dans cette classe, la gazéification est obtenue à l'aide d'organes extérieurs au manchon, qui recueillent la chaleur émanée de celui-ci sans nuire à son éclat.

Elle comprend surtout des becs de grande intensité; on y trouve néanmoins la série des lampes d'appartement système *Denayrouse* (fig. 7), à récupération, qui sont remarquables par leur très faible consommation spécifique : celle-ci descend en effet à 1 gr. 14 et 1 gr. 08 d'alcool dénaturé par bougie-heure respectivement pour les lampes de 40 bougies et de 60 bougies; et, pour cette dernière chargée en alcool carburé, à 0 gr. 64 d'alcool *carburé*, en regard d'une intensité de 86 bougies, ce qui donne, à l'heure, 55 gr. d'alcool carburé, soit 1/15 de litre de consommation totale horaire.

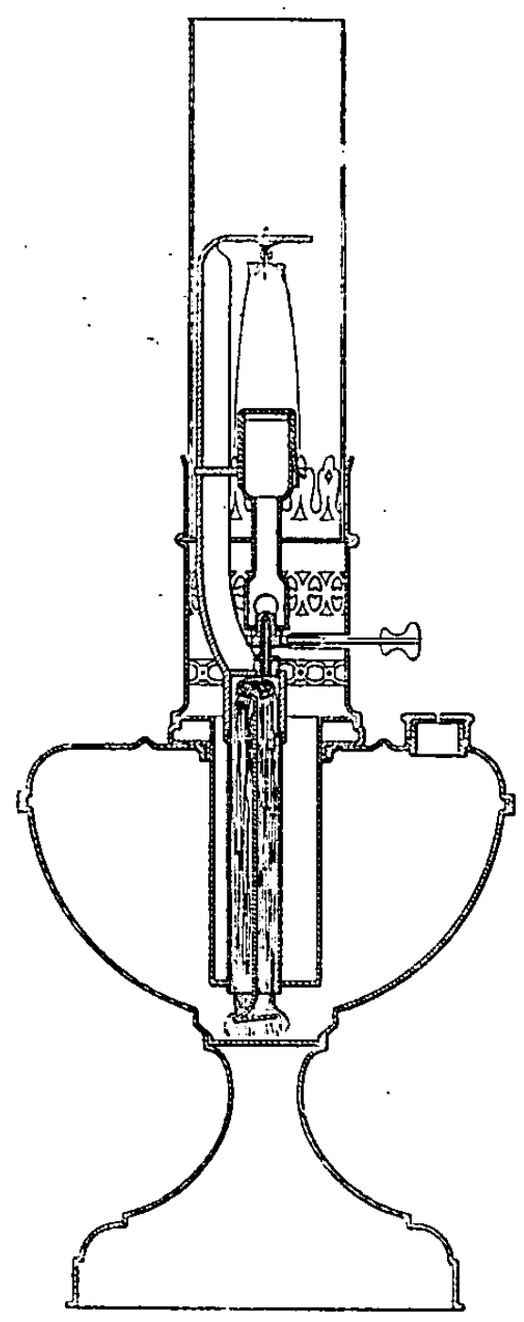


FIG. 7. — LAMPE DENAYROUSE A RÉCUPÉRATION.

Intensité et consommation : 90 bougies, à raison de 1 gr. 08 d'alcool dénaturé, ou bien 86 bougies, à raison de 0 gr. 64 d'alcool carburé par bougie-heure.

Dans les lampes Denayrouse, la chaleur de vaporisation est amenée à la chaudière par une lame double, en cuivre rouge, latérale au manchon, qui la chauffe par rayonnement; elle sert en outre de potence pour le manchon et reçoit la chaleur de la pointe de la flamme. La partie inférieure de cette lame, formant chaudière, vient coiffer la partie supérieure de la mèche.

Celle-ci est entourée d'une gaine que l'on introduit, par le bas, à frottement doux, dans un tube vertical aboutissant à la chaudière et isolé, par une gaine d'air, sur toute sa hauteur, de l'alcool du réservoir, qu'on préserve ainsi de tout échauffement.

Le gaz d'alcool arrive au Bunsen par un orifice

1. Si la lampe est alimentée à l'alcool carburé, on peut, pour éviter tout dépôt de noir de fumée sur les divers organes lors de l'allumage, verser dans le godet, pour allumer, de l'alcool dénaturé au lieu d'alcool carburé.

axial percé dans le fond d'un écrou borgne vissé lui-même sur un court tube vertical partant de la

Elévation.

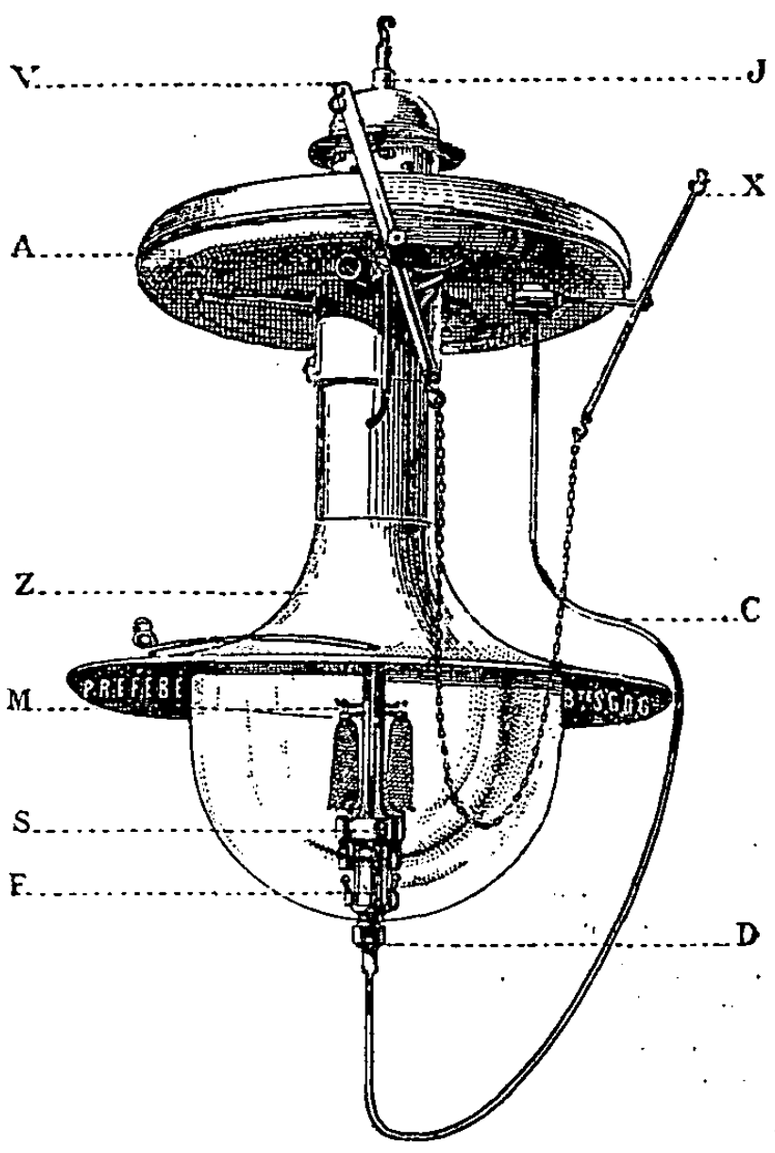


FIG. 8. — LAMPE INTENSIVE « BEC PRÉFÉRÉ ».

A, réservoir annulaire d'alcool. — ACDF, trajet de l'alcool froid, sortant par le robinet de levier X. — FJF, double trajet d'échauffement de l'alcool. — M, Manchons. — V, levier du robinet d'allumage. — S, Coupelle d'allumage.

chaudière. A son extrémité supérieure, ce tube est bouché suivant son axe par un pointeau, autour de la base duquel s'ouvrent, dans l'intérieur de l'écrou, des orifices venant de l'intérieur du tube, et donnant passage autour du pointeau au gaz venant de la chaudière. Dévisse-t-on l'écrou en faisant tourner la clef de réglage : l'écrou monte, son orifice cesse d'être bouché par le pointeau et laisse au gaz d'alcool un passage d'autant plus grand que la clef aura été tournée davantage ; de là, réglage de la flamme et extinction de la lampe.

M. Denayrouse a établi plusieurs numéros de ces becs, dont le plus faible, destiné aux associations agricoles de propagande, donne de 12 à 14 bougies en consommant environ 1/60 de litre d'alcool dénaturé à l'heure, c'est-à-dire 1 gramme environ par bougie-heure.

Presque toutes les lampes de grande intensité sont à récupération.

De ce nombre est la lampe intensive dite *bec préféré* de la société la Continentale nouvelle (fig. 8), à deux manchons, dans laquelle l'alcool, venant d'un réservoir supérieur annulaire, se vaporise en montant dans un premier tube jusqu'à une chambre de déversement J, plus élevée que le réservoir d'alcool, et redescendant en vapeur par un second tube vers les ajutages des deux Bunsen. Ces deux tubes, placés côte à côte dans l'axe de la lampe, sont chauffés, au début, par l'alcool déversé à l'aide d'un robinet spécial, dans la coupelle d'allumage; après l'allumage, par la chaleur produite par les deux foyers lumineux, que protège un globe hémisphérique.

Dans la lampe *Monopole*, à un ou à deux becs (fig. 9), qui est également à réservoir annulaire, il n'y a qu'un seul robinet pour l'allumage et l'alimentation du bec; l'alcool est conduit par des mèches en amiante au gazéificateur, placé aussi dans le haut de la lampe, au-dessus des becs; l'allumage se fait, après échauffement du gazéificateur, par la dose d'alcool d'allumage, qui se déverse du robinet

Coupe.

Élévation.

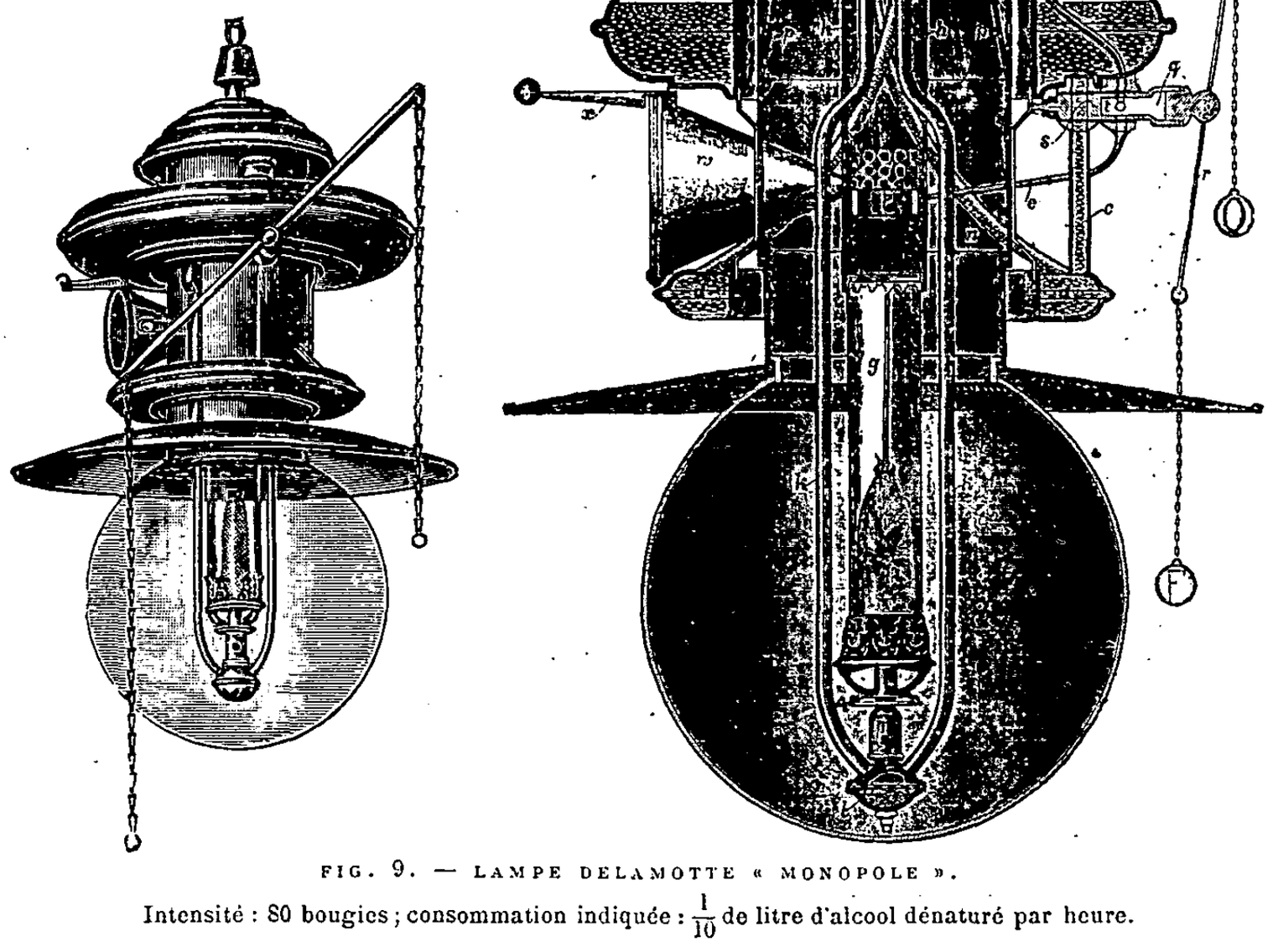


FIG. 9. — LAMPE DELAMOTTE « MONOPOLE ».

Intensité : 80 bougies ; consommation indiquée : $\frac{1}{10}$ de litre d'alcool dénaturé par heure.

a, réservoir d'alcool ; *d*, réservoir-régulateur. — *q*, robinet-doseur pour l'allumage. — *c*, tube d'alimentation. — *w*, entonnoir d'allumage. — *n*, tuyaux d'ascension à mèches. — *i*, chaudière. — *k*, tube d'amenée du gaz d'alcool au bec.

doseur dans un récipient d'allumage situé entre les becs et le gazéificateur et à laquelle on met le feu par un cône d'allumage, qui reste habituellement fermé.

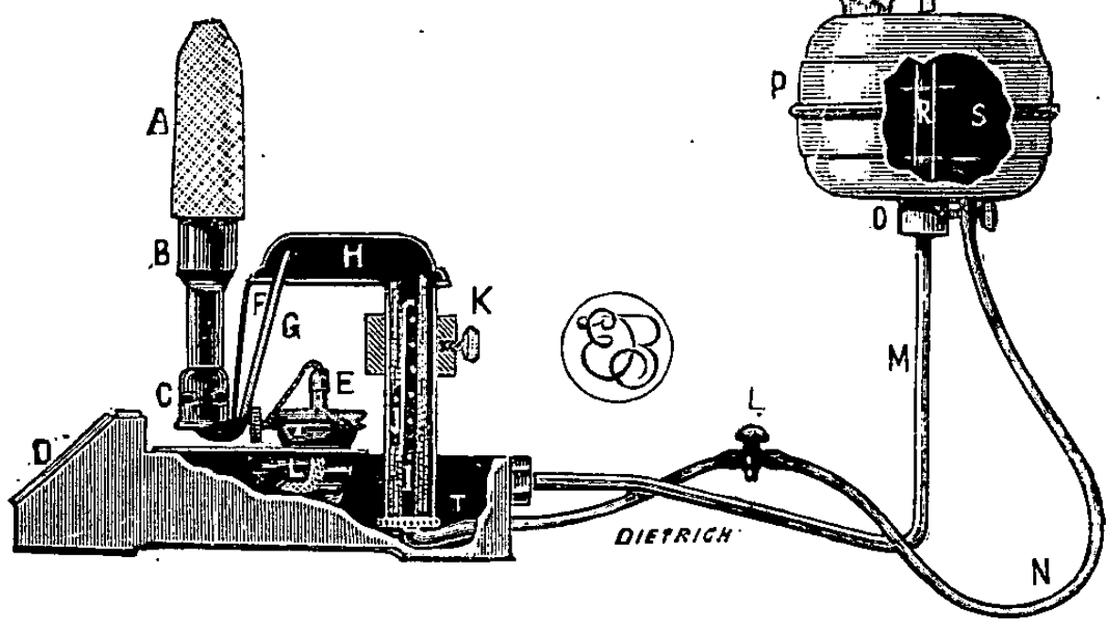


FIG. 10. — LAMPE SOL, POUR PROJECTIONS, A VEILLEUSE.
S, réservoir d'alcool, mobile. — H, chaudière de gazéification. — E, veilleuse. — A, manchon.
Intensité indiquée : 80 bougies, pour 110 gr. d'alcool dénaturé à l'heure.

On peut disposer de la charge de la lampe en alcool pour limiter la durée de l'éclairage et n'avoir pas à éteindre la lampe.

Dans la même catégorie sont à citer aussi les becs intensifs Washington, Hantz et les becs Denayrouse, toujours remarquables par leur faible consommation, 0,55 et 0,54 gr. d'alcool carburé par bougie-heure pour des intensités d'environ 450 et 850 bougies.

Lampes pour projections.

Enfin, pour terminer et compléter cet exposé, il nous reste à parler des lampes pour les projections et les agrandissements photographiques.

Dans le genre bec à veilleuse, nous trouvons la

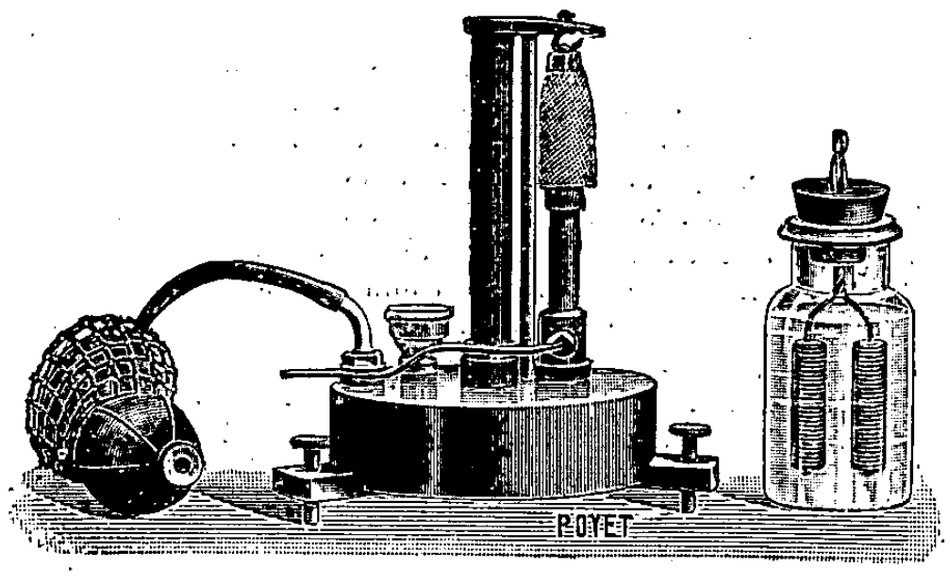


FIG. 12. — LAMPE A PROJECTIONS « R. ET M. » ET SON FLACON CONTENANT LA TOPETTE D'ALLUMAGE.
Intensité indiquée : 80 bougies.

lampe *Sol*, de M. Dillemann (fig. 10), qui annonce une intensité de 80 bougies pour une consommation de 110 grammes d'alcool à l'heure. L'intensité dépend de la quantité de gaz d'alcool que la chaudière envoie dans le Bunsen, et par conséquent de la hauteur à laquelle on place le réservoir à alcool, hauteur de laquelle dépend la pression dans la chaudière.

Dans le genre bec à récupération se classent les lampes à projection *Diamant* de la société la Continentale nouvelle (fig. 11) et « R. et M. » de la maison Radiguet et Massiot (fig. 12), qui sont à récupération, à pression d'air exercée sur la surface de l'alcool (au moyen d'une double poire en caoutchouc) pour le faire monter dans une colonne pleine de mèches tassées, accolée au manchon, et chauffée par ce dernier.

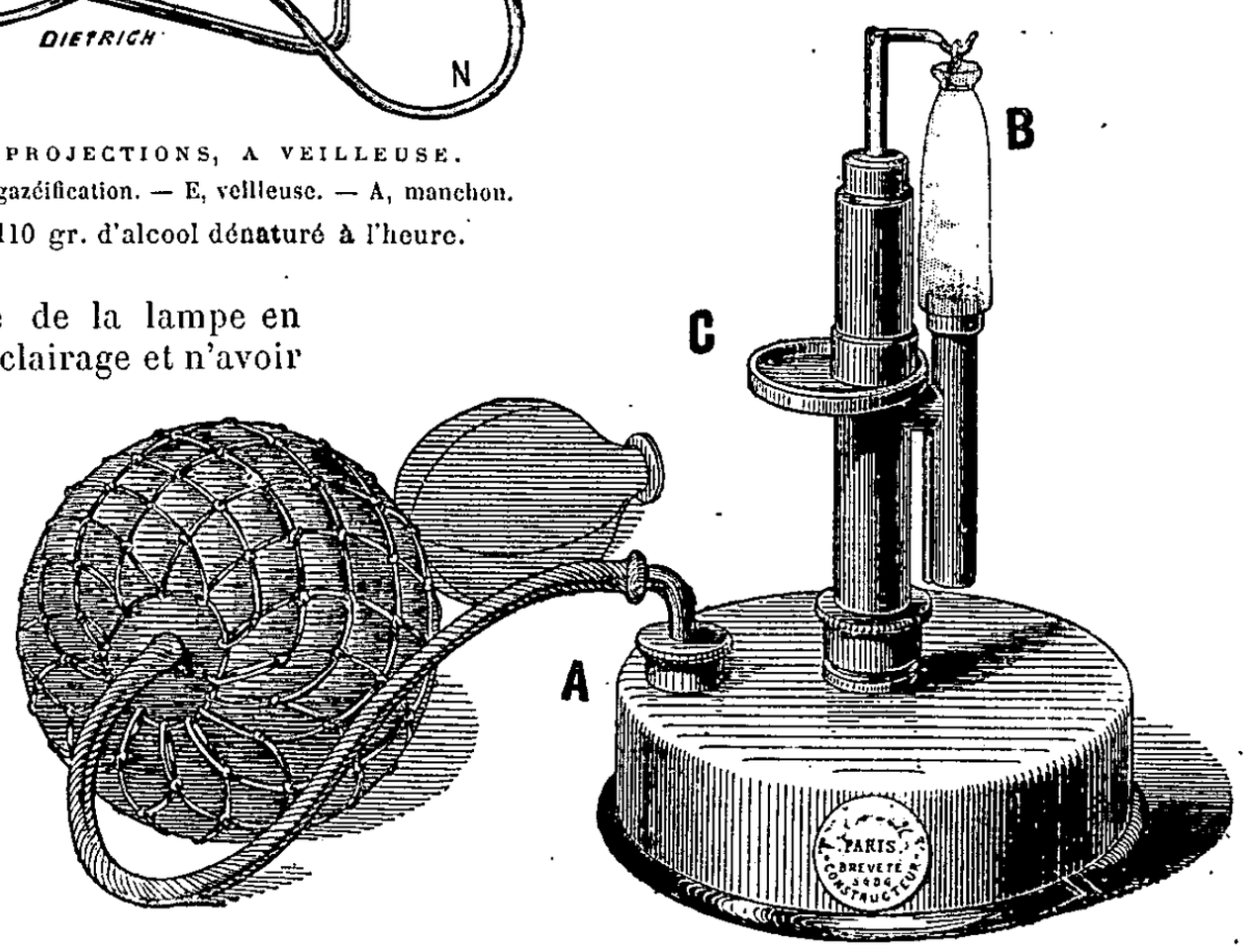


FIG. 11. — LAMPE A PROJECTIONS « DIAMANT ».
A, réservoir d'alcool dénaturé. — C, godet d'allumage. — B, manchon.
Intensité indiquée : 100 bougies.

Elles ne diffèrent guère que par le mode d'allumage, qui se fait, dans la lampe Diamant, par l'alcool versé dans un godet d'allumage fixé au milieu de la colonne; dans la lampe R. et M., à l'aide d'une topette double figurée à côté de la lampe.

L'intensité lumineuse du manchon augmente avec la pression exercée par la poire à la surface de l'alcool.

Signalons enfin, pour projections et agrandissements, la lampe de *M. Denayrouse*. Elle est également à récupération et à poire de caoutchouc. Elle comporte un manchon de petites dimensions et possède une intensité lumineuse de 200 bougies que l'on règle à volonté, deux tiges permettent en effet de régler l'arrivée dans le Bunsen de l'air et du gaz d'alcool.

C. JANVIER.

Bulletin Météorologique.

Septembre 1903.

Du 1er au 3, le baromètre est élevé sur l'Europe centrale, un peu bas dans l'ouest et le nord-ouest. Le vent souffle des régions sud sur nos régions, le temps est orageux et très chaud. Les maxima de température ont été de 35°,8 à Clermont, 34° à Biarritz et au Mans, 33° à Bordeaux, 32° à Besançon. A Paris le thermomètre a atteint 31°,4 le 1er, 31°,0 le 2. La journée du 2 a été la plus chaude de l'année; sa moyenne thermique, 23°,8, est supérieure de 7°,6 à la normale correspondante.

De très faibles dépressions barométriques, qui se trouvaient le 6 au matin sur le nord et le sud-ouest de la France, ont amené des pluies très abondantes dans toutes les régions : on a recueilli 43 mm. d'eau à Biarritz, 29 à Bordeaux, 22 à Toulouse, 20 à Charleville. Dans la région parisienne, l'averse a duré de 5 h. 28 à 10 h. 28 du soir et a donné 31 mm. d'eau au Parc Saint-Maur, 27 au Parc Montsouris; dans la vallée de la Seine, à l'ouest de Paris, les quantités recueillies ont varié entre 40 mm. et 46 mm. Le Bulletin du Bureau Central météorologique ne signale aucun orage en France pendant cette journée.

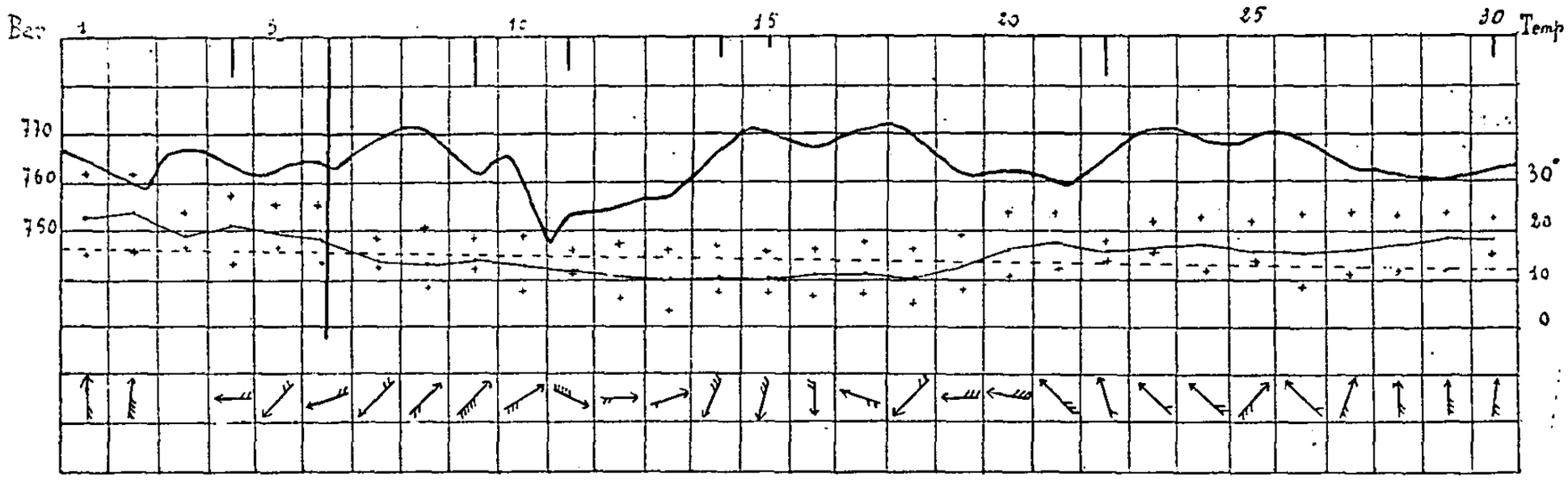


DIAGRAMME DES OBSERVATIONS DU PARC SAINT-MAUR. — SEPTEMBRE 1903

(D'après le *Bulletin international* du Bureau central météorologique.)

La courbe du trait plein représente la marche du baromètre, ramené au niveau de la mer. — Les croix indiquent les températures maxima et minima; les points reliés par des traits fins, les températures moyennes de chaque jour. — La courbe pointillée donne la température normale de chaque jour du mois. — La direction du vent est figurée par des flèches, la force par le nombre de pennes 0 (calme) à 9 (tempête). — Les traits gras verticaux partant du haut donnent la hauteur des pluies (1 mm. pour 1 m. d'eau.)

Le 8, la distribution générale des pressions est la suivante : le baromètre dépasse 765 mm. dans le sud-ouest et le sud-est de l'Europe, tandis qu'une vaste zone de faibles pressions s'étend du nord-ouest du continent au Groenland. Le 9, une dépression s'est avancée sur la mer du Nord (Skudesness, 743 mm.) et le vent prend de la force sur la Manche et la Bretagne. La dépression s'éloigne ensuite vers le nord-est tout en devenant plus profonde; le baromètre descend à 730 mm. à Carlstadt et à Stockholm; une tempête de sud-ouest à nord sévit sur la mer du Nord, les côtes d'Allemagne et de la Scandinavie; par contre, le vent se calme sur nos côtes, mais l'accalmie est de courte durée.

Dans la nuit du 9 au 10, le baromètre commence à baisser en Irlande en même temps que le vent y tourne au sud; ce sont les signes indicateurs de l'arrivée d'une dépression. Celle-ci s'avance d'ailleurs rapidement et, dans la soirée, le système cyclonique couvre entièrement les Iles Britanniques. Le minimum barométrique, sur lequel sont centrées les isobares à peu près circulaires et très serrées, se trouve sur la mer d'Irlande et paraît voisin de 730 mm. Autour de lui, les vents circulent en sens inverse des aiguilles d'une montre : ils soufflent du nord-est dans le nord de l'Irlande, du nord-ouest à Valentio, du sud-ouest sur la Manche, du sud-est à Shields. La bourrasque marche rapidement vers l'est et son centre passe sur les Pays-Bas dans la matinée du 11; elle s'éloigne ensuite vers le nord-est, en même temps que le vent se calme sur nos côtes. Les mouvements barométriques ont été remarquablement rapides : à Pembroke, par exemple, le mercure est descendu de 755 mm. à 735 le 10 de 8 h. du matin à 8 h. du soir; au Helder, la baisse a atteint 20 mm. en 10 heures, soit 2 mm. par heure. Les variations ont naturellement été moins fortes dans les stations éloignées de la trajectoire du centre. Pour Paris, la baisse de 16 mm. observée le 10 entre midi et minuit est cependant très remarquable. La tempête a été extrêmement violente sur la Manche, où l'on a eu de nombreux sinistres à déplorer. A Paris, la vitesse du vent a atteint 42 m. par seconde au sommet de la tour Eiffel, 20 m. au Parc Montsouris; au Parc Saint-Maur, on a noté un maximum de 12 m.

La situation atmosphérique a été ensuite en s'améliorant. Du 13 au 15, les basses pressions se retirent vers le sud-est de l'Europe, tandis que le baromètre se relève rapidement dans l'ouest et le nord, où il devient supérieur à 770 mm. Cette distribution des pressions amène un régime de vents du nord et un abaissement rapide de la température. Des chutes de neige se sont produites le 14 sur les montagnes de l'Ariège, dans le pays de Gex, au ballon d'Alsace et sur le mont Pilat. Les minima sont descendus assez bas; on a noté — 9° au Pic du Midi, — 4° au mont Ventoux, 0° à Clermont. Dans la région parisienne, la première gelée blanche de la saison a été observée le 13; le thermomètre à minima a marqué 0°,1 à Villepreux, 0°,4 à Ville-Evrard, 0°,9 à Vaucluse.

Les fortes pressions se sont établies sur tout le continent à partir du 17; elles y ont persisté jusqu'à la fin du mois. Les dépressions dont les trajectoires se sont continuées sur l'Océan n'ont étendu leur influence que sur les parties les plus occidentales de l'Europe, notamment sur les Iles-Britanniques. A partir du 20, le régime de vents du sud a amené un relèvement sensible de la température; à Paris, la température moyenne de la dernière décade est supérieure de 3°,7 à la normale; l'excès a atteint 6°,32 le 29.

CH. GOUTEREAU.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

GRANDS ÉTABLISSEMENTS SCIENTIFIQUES

LE LABORATOIRE D'ESSAIS DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS.

Le 1er juillet 1903, M. le président de la République, accompagné de M. Trouillot, ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, reçu par M. Millerand, président du Comité d'administration du Conservatoire des Arts et Métiers, est venu inaugurer deux services nouvellement installés dans cet établissement : l'*Office National de la Propriété industrielle* et le *Laboratoire d'essais mécaniques, chimiques, physiques et de machines.*

Le Laboratoire d'essais a été créé par un décret en date du 9 juillet 1901, à la suite d'une convention passée, le 13 juin 1901, entre M. le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, le Conservatoire national des Arts et Métiers et la Chambre de Commerce de Paris, dont l'intervention s'est traduite par une très large subvention.

Le Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers continue à porter le nom de Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines, qui lui avait été donné lors de sa création et qui ne correspond plus exactement à ses attributions définitives. Il est, en effet, divisé en cinq sections : 1° Essais physiques; 2° Essais de métaux; 3° Essais de matériaux de construction; 4° Essais de machines; 5° Essais et recherches sur les matières premières végétales nouvelles ou insuffisamment connues. Il n'y a pas de service général de Chimie; les simples analyses n'y sont pas exécutées, mais il va sans dire que toutes les déterminations de cet ordre qui se rattachent directement à un autre essai peuvent être demandées au Laboratoire.

La Section de Physique n'exécute pas d'essais dans le domaine de l'électricité; elle renvoie les demandes qui lui sont adressées au laboratoire de la Société internationale des électriciens.

Le Laboratoire d'essais est dirigé par M. Perot, ancien élève de l'École polytechnique, qui entra dans l'Enseignement supérieur, après avoir passé une Thèse sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur et qui, depuis, a exécuté des recherches de haute précision dans les domaines de l'Électricité et de l'Optique. Quand il fut appelé à la direction du Laboratoire, il était professeur de Physique industrielle à la

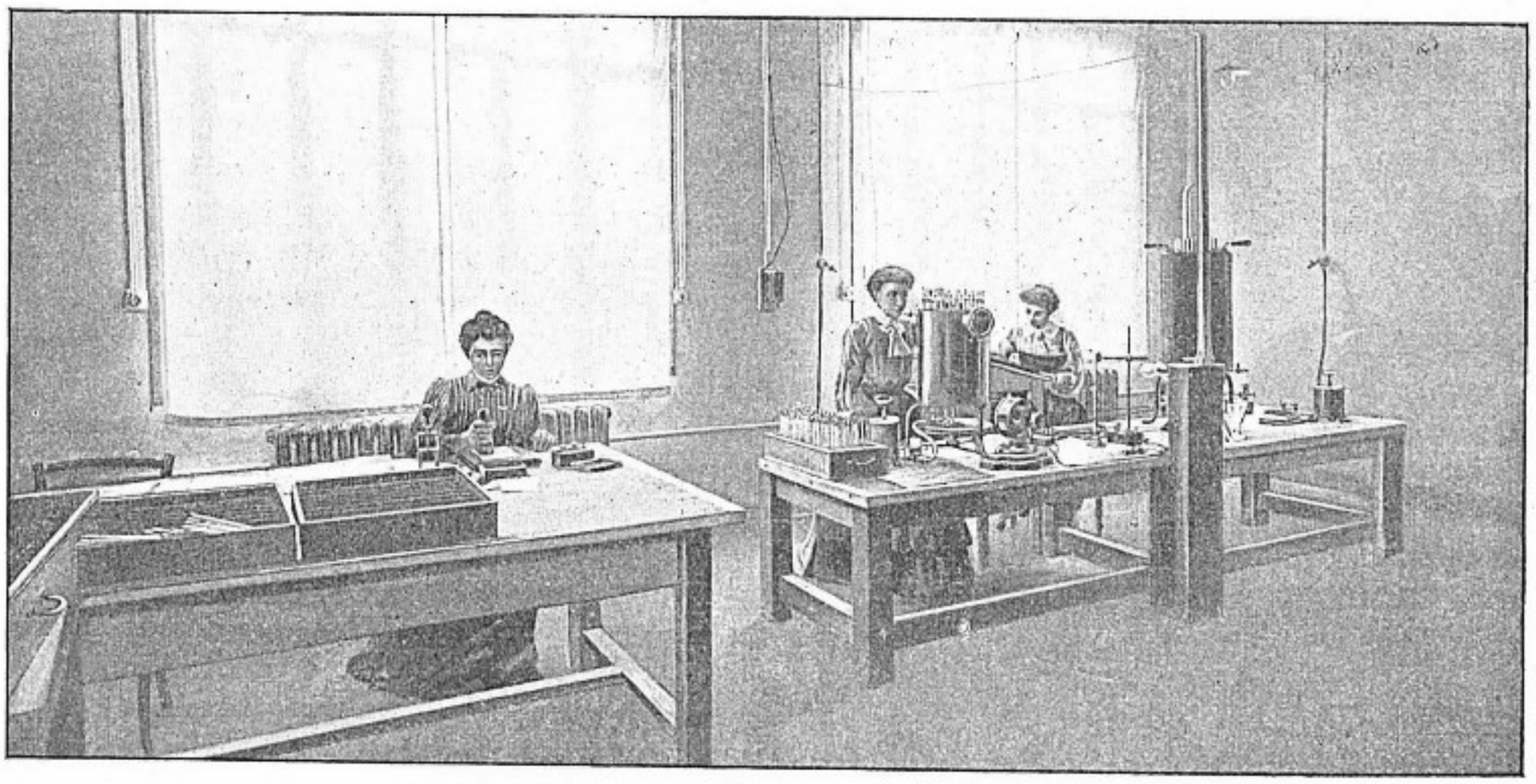


FIG. 1. — VÉRIFICATION DES THERMOMÈTRES MÉDICAUX.

Faculté des sciences de l'Université de Marseille. Ces fonctions, ainsi que l'origine du directeur, qui est en même temps le chef de la Section de Physique, montrent qu'en sa personne se réalise cette union de la science et de l'industrie, à laquelle applaudissait récemment M. Maneuvrier [1]. M. Perot est bien ce savant qui a quitté complètement l'Université et qui, soumis à l'obligation *unique* d'expérimenter, pourra « se consacrer exclusivement à des travaux de longue haleine et aboutir à des résultats pratiques très importants ».

Le laboratoire occupe actuellement 40 personnes, dont 5 chefs de section, le physicien, 6 assistants, des ouvriers en nombres divers dans les différentes sections, et un atelier, comprenant neuf dames et une directrice, qui dépend de la Section de Physique. Il est installé dans divers locaux, convenablement aménagés, et surtout dans un bâtiment spécial, de 85 mètres de long et 17 mètres de large, élevé sur l'emplacement d'un ancien jardin qui séparait les deux grandes galeries de collections. L'une de ces galeries est indiquée sur le plan (fig. 2) par le mot : collections; l'autre est sur la rue Vaucanson, au-dessus de caves actuellement occupées par le Laboratoire.

Le visiteur, entrant par la cour Nord (fig. 2), arrive d'abord au premier étage (fig. 3) dans la partie des locaux occupée par l'administration; un peu plus loin une grande salle porte l'écriteau : *Bureau de réception*. Les demandeurs d'essais viennent y déposer les objets et les appareils qu'ils soumettent au Laboratoire. En les reprenant, ils reçoivent, s'il y a lieu, un procès-verbal d'essais, qui devient leur entière propriété. Cette pièce ouvre par une deuxième porte sur le couloir qui dessert le Laboratoire proprement dit, que nous allons rapidement parcourir.

Nous rencontrons d'abord l'installation de la Section de Physique.

D'un côté s'ouvre la salle de photographie; le Laboratoire a déjà eu à essayer des objectifs photographiques; on y installe une méthode basée sur l'examen de la photographie d'une mire dans une chambre dont la plaque est inclinée à 45° sur l'axe de l'objectif. Si le cliché est également net sur tous les points d'une droite perpendiculaire au plan de symétrie de l'appareil, l'objectif est parfait; sinon ses défauts se mesurent par la forme des courbes le long desquelles se trouvent au point les lignes du quadrillage photographié. La mire est portée par une plaque de glace de 2 m. sur 2 m. 60, offerte par la compagnie de Saint-Gobain. Ce don gracieux, et plusieurs autres que diverses maisons ont faits au Laboratoire d'essais, sont une preuve palpable de l'intérêt que lui porte toute l'industrie française.

Une grande salle noire sert aux essais photométriques, qui se sont déjà présentés en grand nombre; on y a exécuté aussi des mesures de distance focale, sur un banc d'optique de 3 m. 30 de long; les armoires renferment les appareils nécessaires à la mesure des indices. Pour rétablir dans notre description une homogénéité que la construction ne pouvait conserver, disons qu'un focomètre spécial sera utilisé à la détermination de distances focales allant jusqu'à 6 mètres, au moyen d'un chariot présentant cette longueur de course. Dans la chambre noire seront effectuées encore d'autres mesures optiques, en particulier le tarage des saccharimètres, qui préoccupe vivement l'industrie sucrière.

Une salle voisine reçoit l'installation d'un pyromètre, formé d'un couple platine-platine rhodié dont la force électromotrice est mesurée à l'aide d'un potentiomètre de construction spéciale.

La figure 1 représente l'une des salles affectées à la thermométrie. Les deux opératrices sont en train de procéder à la vérification de thermomètres médicaux, qui reçoivent une marque spéciale et un numéro, quand ils sont exacts à un dixième de degré près.

Les thermomètres sont comparés aux étalons du Laboratoire à trois températures : 36°, 39°, 41°. Ils sont plongés dans un bain liquide qui est à gauche de la table de droite (pour le lecteur). La température est maintenue au moyen d'une flamme de gaz en veilleuse alimentée par l'intermédiaire du régulateur qu'on voit à gauche de l'appareil. A droite et en avant est un petit moteur électrique, qui, par l'intermédiaire de poulies de renvoi, actionne la large poulie placée en dessous du bain et met en mouvement continu un agitateur hélicoïdal; l'homogénéité de température est ainsi parfaite. La température doit monter constamment, car l'étalon indique la température actuelle du bain, tandis que les thermomètres médicaux, qui sont à maxima, n'indiquent que la température la plus élevée à laquelle ils aient passé. D'autre part l'ascension de la température doit être lente; en effet le bain contient 20 thermomètres séparés de

1. *La Science au XX^e siècle*, p. 183.

cinq en cinq par les quatre étalons; il ne faut pas qu'il y ait une variation notable pendant le temps qui s'écoule entre la lecture d'un thermomètre et celle de l'étalon le plus voisin. Le régulateur permet d'assurer une ascension de la température qui ne dépasse pas 2 centièmes de degré pendant la lecture de la série entière des 20 thermomètres.

Les températures lues sur les étalons et convenablement corrigées sont, ainsi que celles qu'indiquent les thermomètres à étudier, inscrites sur un registre spécial; le dossier de tous les appareils rejetés ou contrôlés est ainsi conservé.

Pour vérifier qu'il n'y a pas de bulles dans le réservoir, on soumet les thermomètres à l'action de la force centrifuge en les faisant tourner très rapidement dans un appareil spécial. Les bulles passent en haut de la colonne et le thermomètre descend; on confronte de nouveau à 39°, et il est rejeté si la différence dépasse un dixième de degré. Un trop grand nombre de thermomètres médicaux ne sont pas remplis et achevés suivant les règles, par ébullition du mercure.

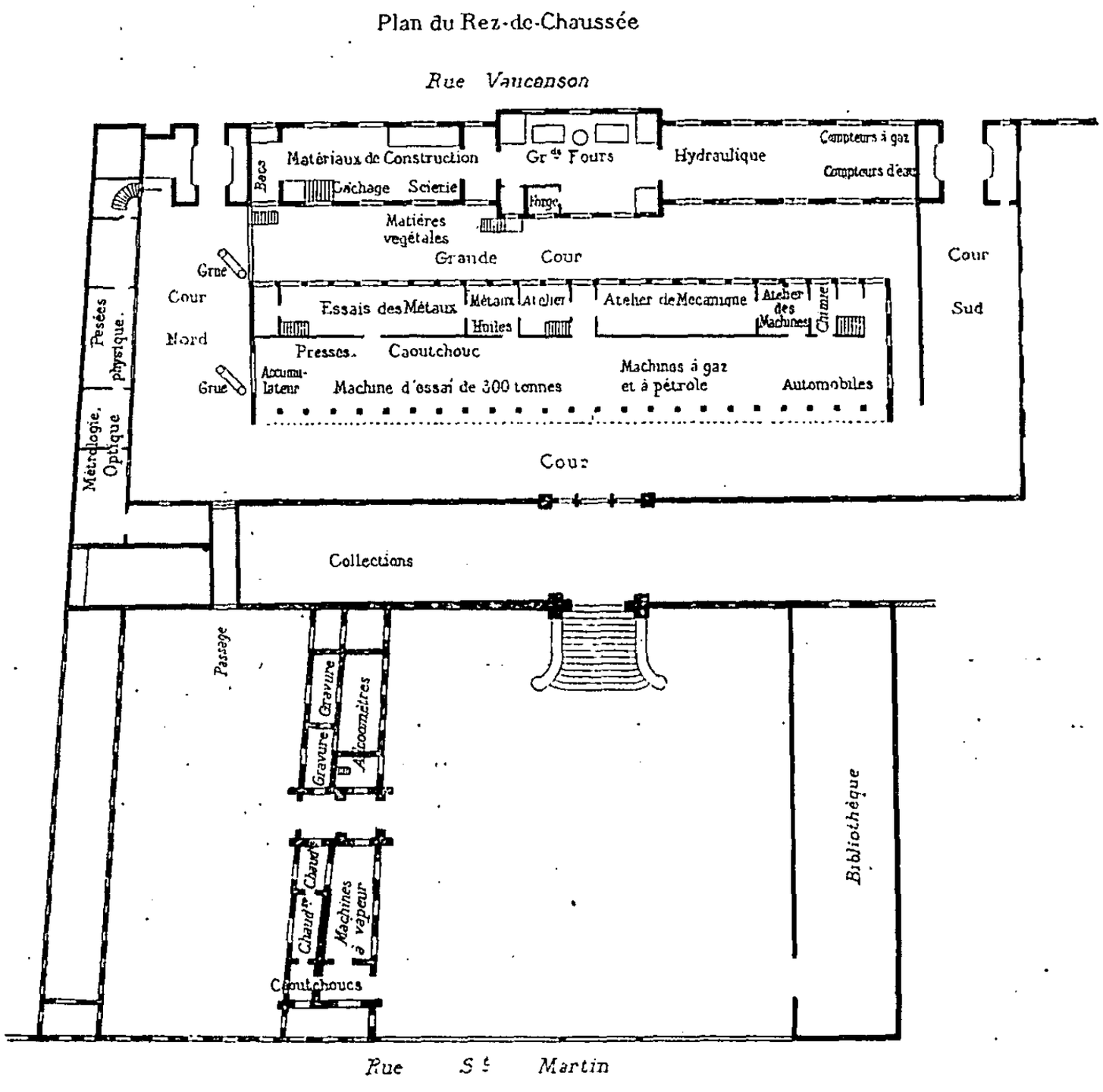


FIG. 2. — PLAN DU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS, MONTRANT LE REZ-DE-CHAUSSÉE DU BÂTIMENT CONSTRUIT POUR LE LABORATOIRE D'ESSAIS ET DIVERS LOCAUX AMÉNAGÉS POUR LES ALCOOMÈTRES, LA MÉTROLOGIE, LES ESSAIS DE MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET DE MACHINES HYDRAULIQUES.
Échelle de 8 mm. pour 10 m.

Les appareils à bon marché sont simplement remplis sous une cloche où l'on fait le vide et par ce procédé on ne peut pas enlever complètement l'air de l'enveloppe ni la dessécher.

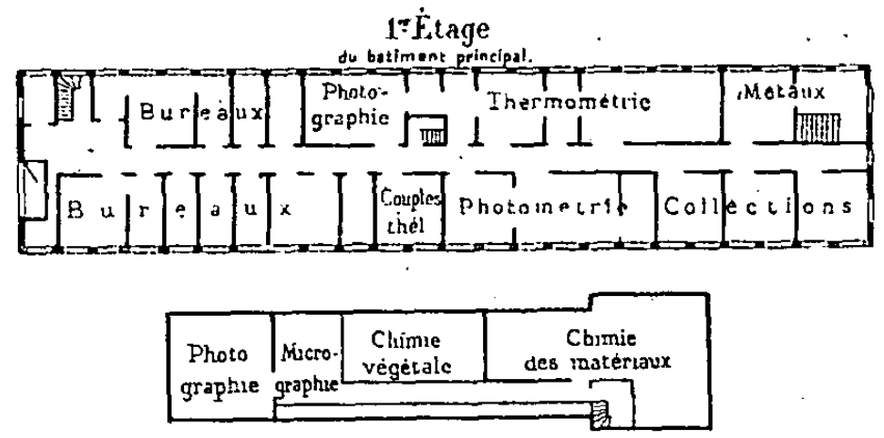


FIG. 3. — 1er ÉTAGE DU BÂTIMENT PRINCIPAL, OCCUPÉ EN GRANDE PARTIE PAR LA SECTION DE PHYSIQUE. COMBLES DU BÂTIMENT SITUÉ SUR LA RUE VAUCANSON, AMÉNAGÉS EN LABORATOIRES POUR LA TROISIÈME ET LA CINQUIÈME SECTION.

Les thermomètres médicaux sont loin d'être

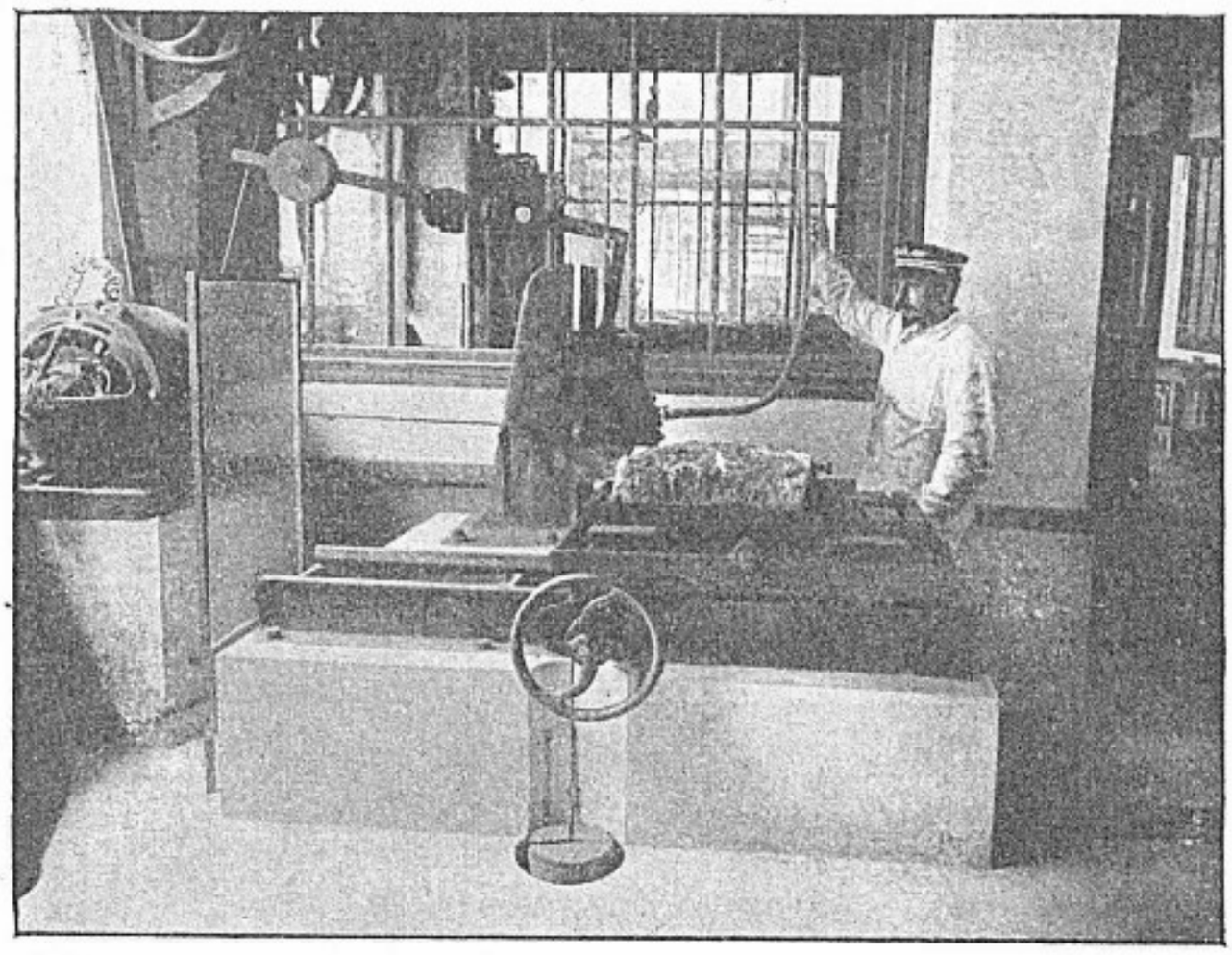


FIG. 4. — SCIAGE D'UNE DALLE DE GRANIT.

les seuls que reçoit le Laboratoire ; on voit sur la table d'opération, à droite, un récipient beaucoup plus grand, dans lequel on peut plonger des thermomètres de demi-précision. La thermométrie occupe encore une salle deux fois plus grande que celle que représente notre photographie.

Je me hâte d'indiquer que la Section de Physique exécute aussi des vérifications de baromètres, à mercure ou anéroïdes, et de manomètres ; elle possède un appareil spécial à colonnes multiples, contenant du mercure et de la glycérine. En haut et en bas de chaque colonne, les tubes sont remplacés par de larges fioles, où se fixent les niveaux, car grâce à un jeu de robinets, au lieu d'employer tous les éléments, comme dans le type ordinaire, on utilise la hauteur totale du nombre d'éléments nécessaire et un tube complémentaire à l'extrémité de l'appareil.

La Section de Physique a hérité d'un matériel important provenant de la Commission internationale du Mètre, qui a travaillé au Conservatoire, avant l'installation du Bureau international. Les comparateurs, convenablement modifiés, sont disposés dans de vastes caves, avec divers instruments de métrologie. Dans les locaux autrefois occupés par la Commission, on installe le grand focomètre, dont j'ai parlé plus haut, et la vérification des vases gradués. On y a placé un service que la Section de Physique s'est incorporée, le Bureau de vérification des alcoomètres et densimètres, créé par le décret du 27 décembre 1884. Il est composé de dames vérificatrices, qui exécutent les vérifications légales sous l'autorité du chef de la Section, et qui sont employées également dans le Laboratoire, particulièrement au contrôle des thermomètres médicaux et à la gravure de différentes pièces examinées.

❧

La deuxième Section est établie presque en totalité au rez-de-chaussée, dans des salles donnant sur la grande cour et dans le grand hall. Ses essais portent sur des pièces confectionnées ou sur des échantillons de métaux, dont il s'agit de déterminer les propriétés. Elle exécute des essais mécaniques de traction, compression, flexion, cisaillage, poinçonnage, dureté, choc et frottement.

Pour donner une idée de la façon complète dont a été installée la Section, disons qu'elle pourra effectuer les essais de frottement, portant sur les huiles et les métaux, entre des limites de température très étendues et qu'un essai de traction de métal pourra comprendre, si on le désire, la détermination de toutes les quantités suivantes : limite des allongements proportionnels, limite apparente d'élasticité, allongement élastique, module d'élasticité, résistance à la rupture, allongement à la rupture, travail de traction.

L'outillage de la Section comprend un très grand nombre de machines, parmi lesquelles il faut citer avant tout une machine de 300 tonnes, permettant d'essayer, à la traction et à la compression, des pièces ayant 25 m. de long et 1 mètre d'équarrissage ; à la flexion, des poutres ayant 6 m. de portée, sur 1 mètre d'équarrissage, et des bandages de roues ayant jusqu'à 3 m. de diamètre. On pourra expérimenter à la torsion des barres de 60 mm. d'équarrissage sur 1 mètre de longueur, cisailler des métaux ayant jusqu'à 60 mm. d'épaisseur, et poinçonner des trous jusqu'à 60 mm. de diamètre. La place de cette machine est dans le grand hall de la figure 6.

❧

Cette machine est munie d'appareils enregistreurs; il en est de même des deux suivantes.

Une machine horizontale de précision de 30 tonnes, système Maillard, pouvant exécuter la traction, la compression et la flexion à froid et à chaud;

Une machine verticale de 25 tonnes, système Trayvon, permettant de faire avec précision les mêmes essais.

Notons encore un grand accumulateur hydraulique pouvant débiter 35 litres d'eau sous la pression de 125 kilogs et des pompes produisant des pressions de 500 kilogs par centimètre carré. Pour l'étude, si importante aujourd'hui, des propriétés micrographiques et chimiques des métaux, la Section comporte un laboratoire spécial, qui possède en particulier un microscope Le Chatelier.

La troisième Section essaie tous les matériaux de construction autres que les métaux, c'est-à-dire les chaux, ciments, mortiers, plâtres, produits réfractaires, pierres naturelles et artificielles, enduits, produits céramiques, peintures, carton bitumé, produits ignifuges, verre, etc., etc. La nature de ces essais varie à l'infini; la section possède des réservoirs permettant de conserver pendant dix ans des chaux et des ciments dans l'acide carbonique, l'eau douce ou l'eau de mer, et elle a déjà fait des essais de flexion sur les planchers en béton armé de 5 m. de portée et 10 m. carrés de superficie.

La variété d'attributions de la troisième Section ne réside pas seulement dans le fait qu'elle peut avoir à essayer aussi bien des pièces confectionnées que les différents éléments de ces pièces, chaux, ciment, briques, etc., elle résulte aussi de ce que l'objet de ses essais n'est pas le produit industriel seul, mais peut être même la matière première. La Section fait des prélèvements *sur place*, aussi bien dans une carrière que dans une usine; elle peut indiquer à un fabricant ce qu'il peut et doit essayer de tirer des matières premières qu'il emploie et, par l'examen des échantillons prélevés aux diverses phases de la fabrication, lui apprendre, s'il y a lieu, qu'un de ses appareils réclame un perfectionnement ou qu'une de ses pratiques doit être modifiée. Bien plus, la troisième Section est une véritable usine, qui permet de réaliser les opérations sur une échelle véritablement industrielle et qui présente sur toutes les usines, même les mieux outillées, la supériorité de pouvoir soumettre à des essais scientifiques tous les produits intermédiaires ou définitifs.

L'outillage se divise naturellement en deux parties :

1° Les appareils de fabrication, nécessaires au broyage, au blutage et au malaxage; des fours pour la cuisson des produits céramiques, silico-calcaires et le créosotage des bois; pour le travail des pierres, la section possède en particulier une scie portant sur la tranche et sur sa circonférence, de part et d'autre, des diamants sertis. L'ouvrier que l'on voit sur la figure 4 est en train d'ouvrir la conduite d'eau avant de mettre en mouvement la scie commandée par un moteur électrique avec embrayage magnétique; il poussera ensuite le chariot, et le bloc de granit de 9 centimètres d'épaisseur sur 50 centimètres de longueur sera complètement coupé en quelques minutes.

2° Les appareils d'essais, comprenant de grandes machines, en particulier la machine universelle de 300 tonnes, une presse Amsler-Laffon, la seule qui existe en France, et des appareils extrêmement variés, jusqu'à un microscope pour l'examen des roches. Un labo-

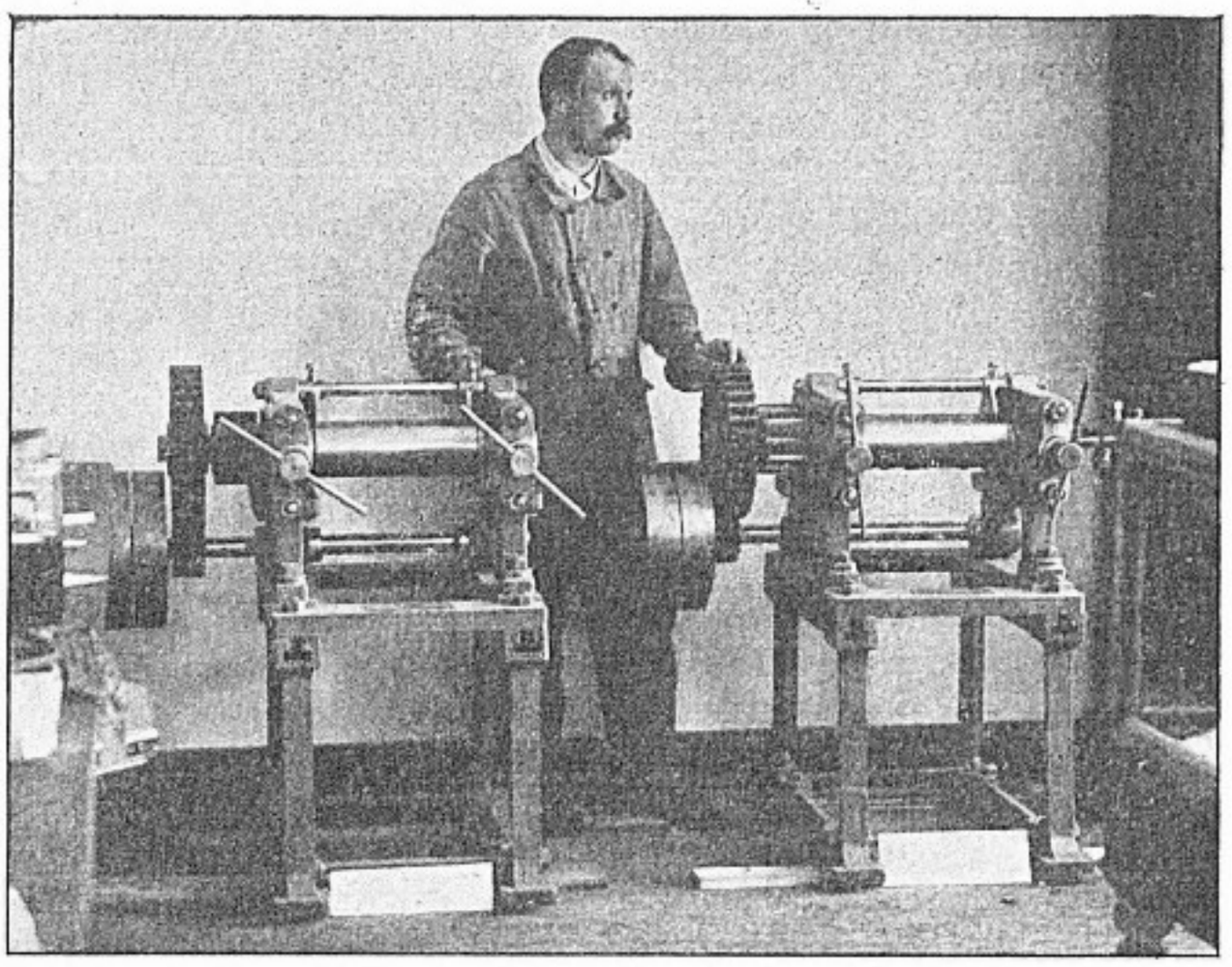


FIG. 5. — MACHINES A DÉCHIQUETER LES CAOUTCHOUCS.

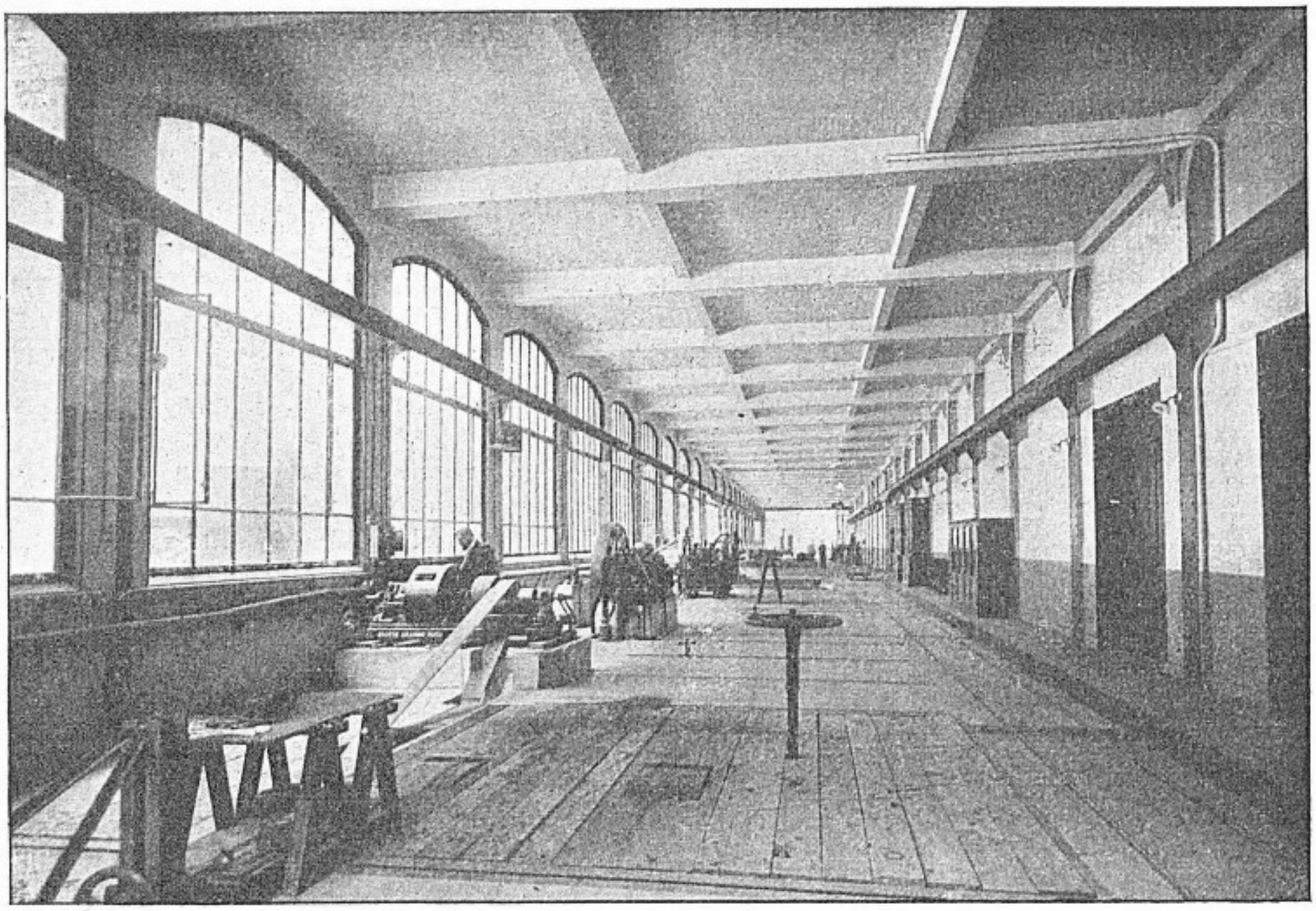


FIG. 6. — GRAND HALL DONNANT SUR LA COUR ET OCCUPANT TOUTE LA LONGUEUR DU BÂTIMENT. EN AVANT, LES TAMBOURS ET LA DYNAMO SERVANT A L'ESSAI DES AUTOMOBILES.

ratoire de chimie fait partie de la troisième Section.

La quatrième Section essaye toutes les machines, sauf les machines électriques isolées, qui sont réservées au Laboratoire central d'électricité. On conçoit facilement que les essais qu'elle peut entreprendre revêtent des formes extrêmement variées; elle s'est outillée en vue de déterminations de tout genre. L'étude des appareils à vapeur peut aller des manomètres et indicateurs, qu'on tare directement à la vapeur, aux machines et aux turbines de toute espèce, dont il faut pouvoir mesurer la puissance et la consommation; pour les chaudières il faut examiner le fonctionnement du foyer, la sortie des fumées, les incrustations et les moyens proposés pour les éviter, la qualité des eaux d'alimentation, les calorifères destinés à protéger les conduites de vapeur. Les autres machines thermiques sont légion : machines à gaz, à essence, à alcool, à pétrole, à gaz pauvre, à air chaud. Les machines hydrauliques, turbines et moteurs divers, ainsi que les compteurs d'eau dont le débit atteint jusqu'à 1 mètre c. par seconde, peuvent être donnés à l'examen de la section. Des appareils très variés utilisent la pression du gaz, des freins à air comprimé jusqu'aux anémomètres; l'essai en est prévu, ainsi que celui des compteurs à gaz. Des mécanismes de transmissions, tels qu'ascenseurs, monte-charges, grues, ponts roulants ou machines-outils ont été déjà présentés. Enfin il est superflu de dire qu'en notre siècle d'automobilisme, il est à espérer que beaucoup de gens jugeront qu'il est de leur avantage de faire vérifier, avant l'achat, les voitures, voiturettes ou motocyclettes.

Les attributions variées de la section nécessiteront et ont déjà nécessité fréquemment le déplacement de son personnel technique, qui doit aller faire sur place l'essai des grandes chaudières ou des moteurs à gaz ou à pétrole de grande puissance.

L'outillage est au moins aussi varié qu'à la troisième Section. Un laboratoire de chimie permet l'analyse des fumées et des gaz d'échappement de divers moteurs et les analyses d'eaux; les compteurs de vitesse, les compteurs à fluide, liquides ou gaz, les appareils mesureurs de la puissance sont représentés par des types très

variés, depuis les freins genre Prony jusqu'à une dynamo pouvant absorber jusqu'à une puissance de 20 chevaux. Elle sert en particulier à l'essai des automobiles, qui se fait dans le grand hall représenté fig. 6; la voiture est fixée au crochet que l'on voit à gauche et en bas de la figure, et la roue motrice entraîne par frottement l'un des deux tambours que l'on voit émerger des plaques de fonte. On règle la puissance absorbée par des rhéostats (c'est le réglage que simule l'opérateur placé derrière la dynamo).

La cinquième Section joue un rôle un peu à part; son titre officiel la charge, en même temps que des essais, des *recherches* sur les matières premières végétales, nouvelles ou insuffisamment connues. Elle s'occupe en outre, avec l'assistance des autres sections, des bois de construction, dont l'analyse chimique n'est pas sans intérêt et dont il est naturel que des botanistes de profession étudient la constitution; des caoutchoucs manufacturés, dont l'analyse complète l'examen mécanique; des combustibles, notamment en ce qui concerne l'inflammabilité des huiles.

La cinquième Section a remplacé l'ancien Laboratoire de botanique économique de l'Office national du commerce extérieur; elle renseigne les importateurs sur la valeur des nouvelles matières premières importées. Ses opérations ne sont pas sans analogie avec celles de la troisième Section, qui part également des matières premières et peut les étudier dans toutes leurs transformations. La cinquième Section peut faire l'étude d'une graine oléagineuse, puis de la matière grasse qu'on en extrait directement et enfin du savon ou de la bougie qu'on fabrique avec les acides gras. Elle est particulièrement bien outillée pour l'étude des caoutchoucs; ses appareils constituent une petite usine permettant d'opérer dans les conditions de la pratique; la figure 5 représente deux machines à déchiqueter; elles sont accompagnées d'un mélangeur, d'une autoclave et d'une presse à vulcaniser. Les études micrographiques et botaniques éviteront désormais, à quiconque voudra s'adresser à la Section, des mécomptes tels que celui qu'a éprouvé récemment un planteur, qui fut bien étonné de ne tirer aucun produit utile d'une espèce qui, ailleurs, fournissait un caoutchouc excellent; un examen sommaire montra, mais un peu tard, qu'il s'agissait en réalité de deux plantes distinctes. L'utilité de l'examen micrographique est évidente quand il s'agit de textiles et il n'est pas jusqu'au pavé de bois dont il y ait intérêt à examiner de près la structure cellulaire si on veut se rendre un compte exact de la résistance qu'il pourra offrir.

Laboratoires de chimie végétale, de micrographie, de microchimie, installations de photographie et de microphotographie, usine de matières grasses et de caoutchoucs, tels sont les éléments de la cinquième Section, qui peut encore étudier les végétaux inférieurs et suivre les transformations qu'ils font subir aux matières premières dans l'industrie ou observer les altérations de toute sorte qu'ils peuvent déterminer.

L'atelier de Mécanique, qui est contigu de la grande salle du rez-de-chaussée nous arrêtera encore un instant. La puissance est fournie par l'électricité. On y remarque surtout un tour à commande électrique directe, sans courroie; le moteur, qui prend jusqu'à 8 ampères sous 220 volts, a des vitesses comprises entre 780 tours et 2 200 tours par minute; pour régler la vitesse on fait varier la largeur de l'entrefer en déplaçant légèrement les électros. On y voit aussi une machine à percer, qui peut forer des trous de 60 millimètres de diamètre; le moteur électrique la commande par l'intermédiaire d'une courroie trapézoïdale. L'atelier occupe une surface totale de 160 mètres carrés.

Cette rapide visite à travers le nouveau Laboratoire d'essais inspirera, je l'espère, au lecteur le désir de venir voir de plus près les installations, qui seront ouvertes au public à des jours fixés. Je souhaite surtout qu'elle suggère à tous les vendeurs qui veulent rassurer complètement leur conscience et éviter toute réclamation, à tous les acheteurs qui voudront être sûrs de la qualité des produits qu'on leur livre, l'idée de recourir à un contrôle impartial. Ce que j'ai dit ne donne qu'une idée bien incomplète de la multitude des opérations que le Laboratoire d'essais a prévues et de celles qu'il a pu et pourra, à l'occasion, improviser. Tout son personnel n'a pas d'autre désir que de répondre à toutes les demandes, ni d'autre ambition que de contribuer aux progrès de l'industrie nationale.

P. C. RAVEAU,
Physicien au Laboratoire d'Essais
du Conservatoire des Arts et Métiers.

MÉDECINE

PALUDISME ET MOUSTIQUES.

Lorsque, le 23 novembre 1880, M. le Dr Laveran présenta à l'Académie de médecine une note *sur un nouveau parasite trouvé dans le sang de plusieurs malades atteints de fièvre palustre*, cette communication fut accueillie avec beaucoup de scepticisme par le monde savant.

La bactériologie était à peine née, et l'on commençait seulement à étudier les infiniment petits, causes des infections et des fermentations. Les microbes alors connus affectaient tous des formes très simples, soit de petites sphères (cocci), soit de bâtonnets (bacilles), d'où le nom général de bactéries qui leur avait été donné (bacterium=petit bâton). Au contraire, les parasites décrits par le Dr Laveran étaient pléomorphes et bien plus volumineux que les bactéries : c'étaient des formes en croissant, des corps sphériques animés de mouvements amiboïdes, des flagelles allongés et très mobiles. C'est qu'en effet, comme le montra le Dr Laveran, le parasite du paludisme est bien plus compliqué qu'une bactérie, il doit être rangé parmi les Sporozoaires; c'est donc un animal, appartenant à l'embranchement le plus inférieur, celui des Protozoaires; il diffère par là radicalement des bactéries, causes de la plupart de nos maladies infectieuses, qui se rattachent au règne végétal par leur ressemblance avec les Cyanophycées, ou algues bleues.

Le microbe du paludisme, ou *Hæmamœba malariæ*, est un parasite du sang; il infecte les globules rouges qu'il détruit rapidement, provoquant ainsi une anémie spéciale dont le dernier terme est la cachexie palustre. Cette forme d'anémie ne se révèle pas, comme les autres, par la pâleur du teint et la décoloration des conjonctives et des lèvres; la peau et les muqueuses ont une couleur terreuse. L'hémoglobine détruite par l'hémamibe est transformée par elle en grains de pigment noirâtre, dont l'amas dans le cerveau, le foie, la rate donne à ces organes une teinte ardoisée particulière.

Les travaux du Dr Laveran firent bientôt connaître la biologie complète du parasite du paludisme dans le sang des malades. La jeune hémamibe mesure deux à trois millièmes de millimètre; on la voit accolée à la surface d'un globule rouge sur lequel elle fait une tache blanche; elle pénètre bientôt dans le globule rouge et, tandis qu'elle grossit, on voit apparaître en elle des grains de pigment noirs, résidu de la digestion de l'hémoglobine. Les méthodes de coloration que l'on emploie font voir que l'hémamibe est constituée par un noyau et par du protoplasma qui, chez le sporozoaire jeune, prend le plus souvent la forme d'un anneau, mais qui plus tard s'étale et finit par remplir la totalité du globule rouge.

Le parasite mesure à ce moment 8 à 9 millièmes de millimètre. Il ne reste plus trace du globule rouge qui lui avait servi d'hôte. L'hémamibe apparaît comme une masse pigmentée, libre dans le plasma, et animée de mouvements lents.

A partir de ce moment, elle peut subir deux évolutions différentes : elle peut présenter des phénomènes de segmentation; tout le pigment se rassemble au centre, d'où partent des lignes de division en étoile qui donnent à l'hémamibe l'aspect d'une rosace ou d'une fleur de marguerite. L'hémamibe, ainsi divisée, s'ouvre, et chacun de ses segments constitue une nouvelle hémamibe, qui va infecter un nouveau globule rouge et recommencer le cycle. La grosse hémamibe libre peut aussi évoluer vers une forme sexuée et devenir un élément mâle ou femelle. C'est à Mac Callum que revient l'honneur d'avoir montré que les flagelles, dont le Dr Laveran avait observé le premier la formation dans certains corps sphériques pigmentés, étaient des éléments fécondants, émis par des parasites mâles; ces flagelles accomplissent l'acte sexuel en pénétrant dans d'autres cellules sphériques pigmentées qui sont les éléments femelles[1].

Mais ces observations faites sur le sang des malades ne nous faisaient pas connaître la biologie complète de l'hémamibe du paludisme.

Que deviennent les éléments femelles fécondés dans le sang? Et, d'autre part, comment le parasite du paludisme pénètre-t-il dans l'organisme?

1. Mac Callum avait opéré ses recherches sur une hémamibe des oiseaux, voisine de celle de l'homme (*Hæmœba Danilewskiji*).

Le Dr Laveran avait vainement recherché l'hémamibe du paludisme dans l'air et dans l'eau; c'est alors qu'il émit l'hypothèse, basée pour la première fois sur des faits scientifiques, en 1884, que les moustiques, toujours abondants dans les lieux palustres, pouvaient servir à inoculer le paludisme.

S'inspirant de l'hypothèse du Dr Laveran, reprise et développée par M. Patrick Manson, un médecin de l'armée des Indes, le major Ronald Ross, rechercha ce que devenaient les hémamibes contenues dans le sang sucé par les moustiques chez des malades, au moment des accès. Il fit de nombreuses et patientes dissections d'estomacs de moustiques, et ses travaux, complétés par ceux du Pr Grassi, et d'autres savants, prouvèrent que les hémamibes subissent une série de transformations dans le corps des moustiques, qui peuvent ensuite les réinoculer à des hommes sains.

Nous avons vu que la fécondation des éléments femelles par les flagelles pouvait se faire dans le sang, mais jamais cette fécondation n'est suivie de phénomènes évolutifs dans le sang des malades. Pour que ces phénomènes évolutifs se produisent, l'élément fécondé doit se trouver dans un milieu chimique spécial, qui est constitué par l'estomac d'un seul genre de moustique : le genre *Anopheles*.

Si l'on dissèque l'estomac de moustiques ayant sucé le sang de paludéens, et si on l'observe au microscope, on voit que, dans ce sang mêlé aux sucs digestifs de l'insecte, les hémamibes femelles fécondées, jusque-là immobiles, montrent une certaine activité; elles se meuvent dans l'estomac du moustique jusqu'à ce qu'elles en aient atteint les parois dans lesquelles elles s'enfoncent. Là, elles grossissent, s'entourent d'une membrane à double contour. Désormais ces éléments s'appellent des *Zygotes*. Chaque zygote devient très gros, jusqu'à mesurer dix fois son volume primitif.

La figure 1 montre les proportions relatives de toutes les formes d'une hémamibe. Dans l'intérieur du zygote se forment finalement de petits germes que l'on appelle des *Sporozoïtes*, qui sont très mobiles; par la cavité générale qui entoure le tube digestif du moustique, ils arrivent aux glandes salivaires de l'*Anopheles*. Il s'écoule environ dix jours depuis le moment où le moustique a sucé du sang contenant des hémamibes, et celui où les sporozoïtes sont mêlés à la salive. Si le moustique pique un homme sain à ce moment, il lui inocule avec sa salive des sporozoïtes. Ceux-ci, introduits dans un vaisseau sanguin, vont pénétrer dans des globules rouges.

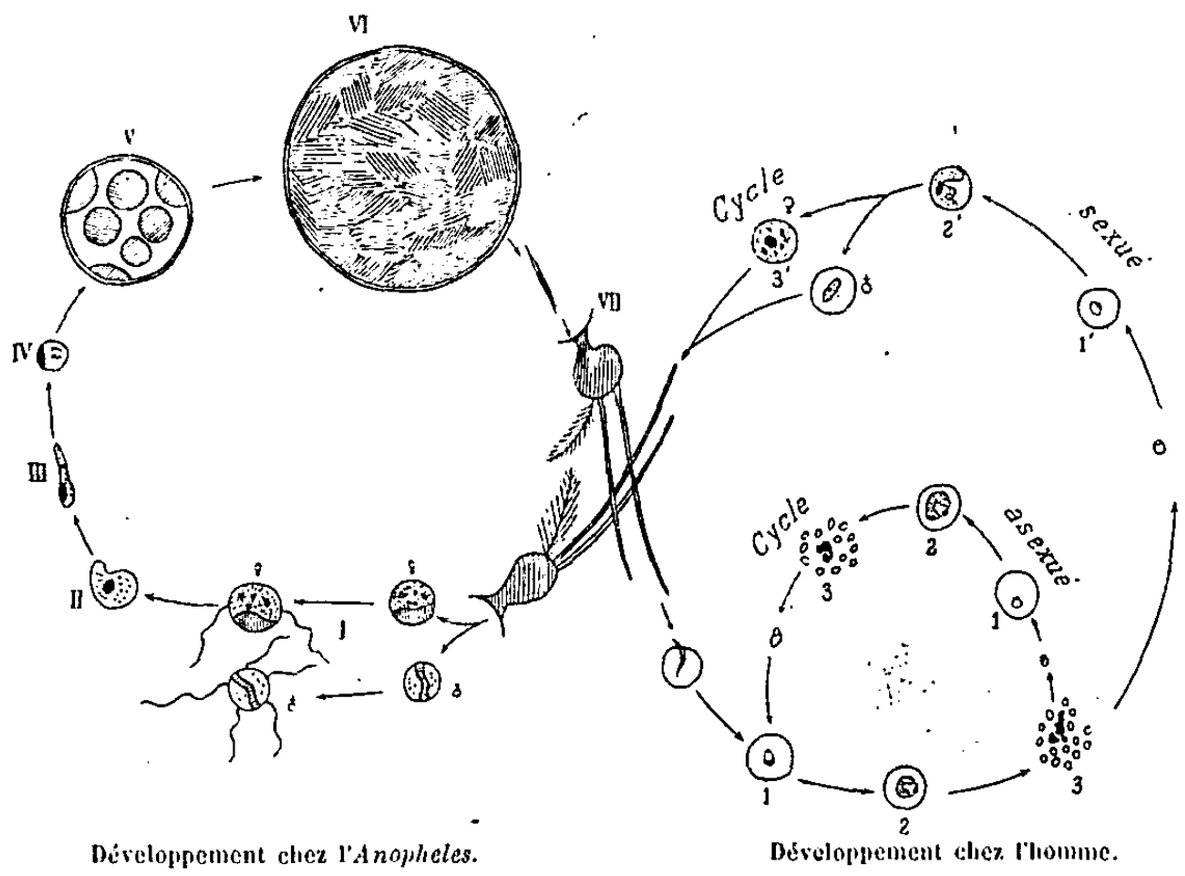


FIG. 1. — DÉVELOPPEMENT DE L'HÉMAMIBE DU PALUDISME DANS LE SANG DE L'HOMME ET CHEZ « L'ANOPHELES ».

1, 2, 3. La jeune hémamibe pénètre dans un globule rouge, y grossit, se divise (cycle asexué). — 1', 2', 3'. La jeune hémamibe, après s'être développée dans un globule rouge, se transforme en éléments sexués (♂ et ♀).
Au centre de la figure est représentée la trompe d'un *Anopheles* prenant le sang d'un malade contenant des éléments sexués, puis, en sens inverse, la trompe du même *Anopheles* inoculant une jeune hémamibe à un homme sain.
I, II, III. Développement du parasite dans l'estomac d'un *Anopheles* [en I, on voit la fécondation de l'élément femelle par les flagelles issus de l'élément mâle].
IV, V, VI. Développement du zygote dans les parois de l'estomac de l'*Anopheles*.
VII. Sporozoïte libre qui passe dans la salive de l'*Anopheles*.

Nous voici revenus au point d'où nous étions partis : une jeune hémamibe a infecté un globule rouge : elle va recommencer les deux sortes de cycles que nous avons décrits.

Nous voyons donc que l'hémamibe du paludisme a une évolution très compliquée : elle peut se multiplier indéfiniment dans le corps de l'individu qu'elle a infecté, et elle n'entre dans l'organisme d'un autre individu que par l'intermédiaire des *Anopheles*.

Ainsi s'explique que l'on ne prend les fièvres qu'en été et en automne, aux saisons où il y a des moustiques, et jamais en hiver; et aussi que l'on prend surtout les fièvres dans les pays marécageux, où les moustiques vivent par myriades.

La transmission du paludisme par les *Anopheles* a d'ailleurs été démontrée par des expériences faites sur l'homme. M. Patrick Manson, de Londres, se fit envoyer de Rome, par la

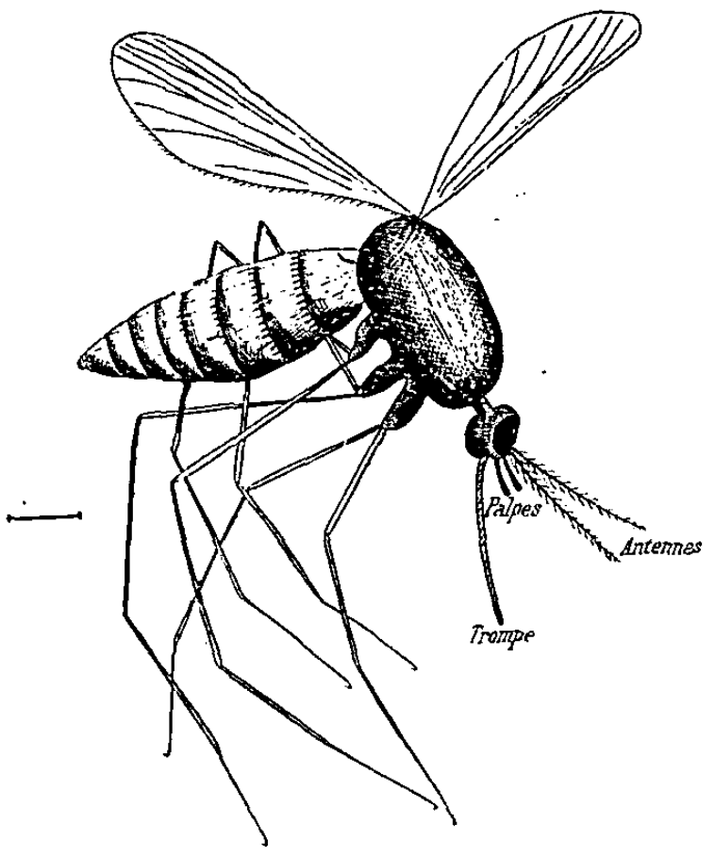


FIG. 2. — CULEX.

Malle des Indes, des moustiques ayant sucé le sang de malades paludéens. Un certain nombre de ces moustiques étant arrivés bien vivants à Londres, il leur fit piquer son propre fils, le Dr Thornburn Manson, qui n'avait jamais eu les fièvres. Quelques jours après, Thornburn Manson avait un accès typique de fièvre qui se reproduisit deux jours après (fièvre tierce), exactement comme la fièvre présentée par les malades italiens piqués à Rome par les moustiques. Cette fièvre était marquée par la présence d'hémamibes dans le sang, cédait à la quinine, et provoqua des rechutes du même type : ce sont les caractères du paludisme. C'étaient donc bien les moustiques qui avaient transporté les hémamibes des hommes malades aux hommes sains.

Une expérience inverse et également décisive fut la suivante :

En juin 1900, le *Colonial Office*, sur l'indication de M. P. Manson, envoya MM. Sambon et Low étudier le paludisme en Italie. Ils passèrent les mois de juillet, d'août et de septembre en un lieu très malsain de la côte d'Ostie, ne prenant jamais de quinine, buvant l'eau du canal, remuant la terre, travaillant dans les broussailles et les marais. Ils n'observèrent, en somme, aucune autre précaution que de passer les nuits dans une maisonnette bien préservée contre les moustiques. Le résultat fut net : ni les deux Anglais, ni un Italien et trois serviteurs qui vivaient avec eux, n'eurent la fièvre, alors que les habitants des maisons voisines payaient au paludisme leur tribut annuel.

Ces expériences, répétées à volonté par un grand nombre de savants, dans tous les pays du monde, sont bien établies et indiscutables.

D'après toutes les recherches faites jusqu'à présent, le moustique seul transmet le paludisme. Nous savons de plus que tous les moustiques ne sont pas capables de transporter le germe paludique. Un seul genre de moustiques, le genre *Anopheles* (funeste, en grec), propage les fièvres, tandis que le moustique commun, ou cousin (*Culex*), ne peut pas être infecté par les hémamibes ; il les digère, comme les globules rouges.

Il est donc utile d'avoir une idée de ce que sont les moustiques, de leurs mœurs, pour apprendre à se défendre contre eux. Il est aussi utile de savoir distinguer les *Anopheles* qui propagent le paludisme, des *Culex* qui ne le propagent pas.

L'organe chitineux qui sert aux moustiques à piquer la peau et à aspirer le sang est la *trompe*, insérée sur la partie antérieure de la tête, longue de 3 à 8 mm., et dont la présence caractérise justement la famille des moustiques (*Culicides*). Les familles voisines (moucherons) lui ressemblent beaucoup, mais n'ont pas de trompe.

Les moustiques, comme tous les insectes, subissent des métamorphoses.

Au sortir de l'œuf, qui est pondu à la surface

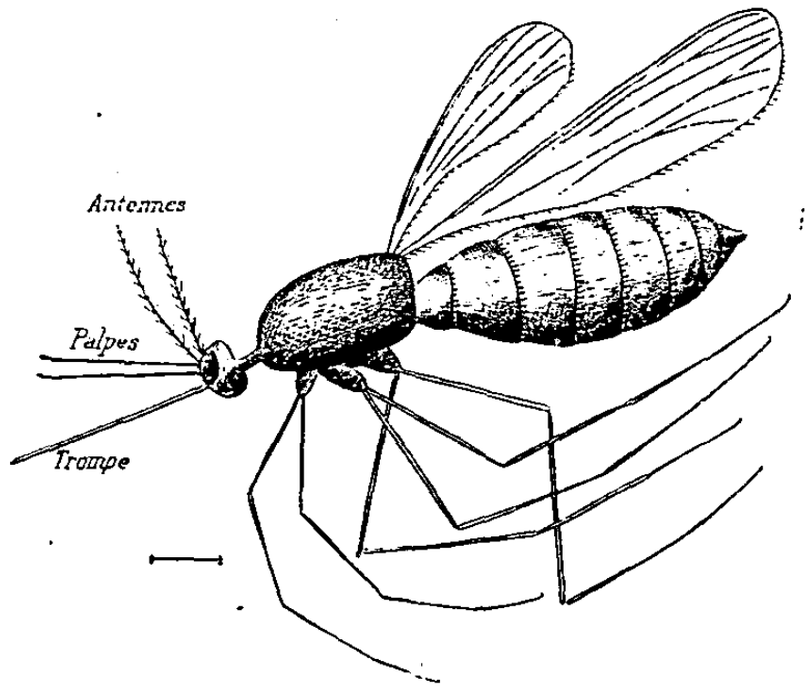


FIG. 3. — ANOPHELES.

des eaux stagnantes, et qui éclôt au bout de deux jours, le moustique apparaît sous forme de *larve* et ressemble alors à un petit ver qui s'agite dans l'eau avec des contorsions bizarres ; puis,

au bout de vingt à trente jours, pendant lesquels elle grandit, la larve se transforme en *nymphe*, qui vit également dans l'eau et à une forme plus trapue, rappelant celle d'un point d'interrogation. Après quatre à cinq jours, la nymphe reste immobile à la surface de l'eau. Les téguments du dos se dessèchent à l'air et donnent passage à l'*insecte adulte*, qui déploie ses ailes et s'envole.

Parmi ces insectes adultes, les femelles seules se nourrissent de sang et, par conséquent, piquent l'homme. Les mâles se contentent du suc des fruits et des fleurs. On reconnaît les mâles des femelles à ce que leurs *antennes*, appendices céphaliques situés de part et d'autre de la trompe, sont plumeuses : on dirait des houppes très fines, tandis que les femelles ont des antennes très peu poilues.

La tête porte, de plus, entre la trompe et les antennes, une paire d'appendices, appelés *palpes*, qui sont importants à connaître, car ils permettent de distinguer les moustiques dangereux au point de vue du paludisme, les *Anopheles*, de ceux qui ne sont que désagréables, les *Culex*. (Nous ne parlons que des moustiques femelles, les mâles ne piquant pas l'homme.) Chez les *Culex* femelles, les palpes sont très petits, beaucoup plus courts que la trompe. Chez les *Anopheles* femelles, au contraire, ils sont de la même longueur que la trompe. Ces détails sont visibles à l'œil nu. De plus, le *Culex* femelle a l'air d'être bossu; l'abdomen forme un angle avec le thorax, tandis que l'*Anopheles* femelle a le corps (trompe, tête, thorax et abdomen), en ligne droite. Le *Culex* se pose sur un mur, parallèlement à ce mur; tandis que l'*Anopheles* se pose obliquement, la tête plus près du mur, comme s'il voulait le piquer; ces différences peuvent faire reconnaître de loin un *Culex* ou un *Anopheles*.

On peut distinguer aussi des larves de *Culex* de celles d'*Anopheles*. Nous avons dit que les larves de moustiques, d'une façon générale, ressemblaient à de petits vers s'agitant dans l'eau par de petits mouvements saccadés. Elles se tiennent le plus souvent à la surface de l'eau, où elles respirent par un orifice situé à l'extrémité postérieure du corps. Cet orifice se trouve à la surface même du corps chez la larve d'*Anopheles*, qui, par suite, pour respirer, doit flotter complètement à la surface de l'eau, comme un fétu de bois, à quoi elle ressemble beaucoup, par sa couleur foncée et le diamètre à peu près égal de toutes les parties du corps. L'orifice respiratoire, chez la larve de *Culex*, au contraire, se trouve au bout d'un tube qui se détache obliquement de l'extrémité postérieure du corps, de sorte que le corps de la larve forme un angle de 45° environ avec la surface de l'eau, et a une forme en Y, comme si la queue était bifurquée. De plus, la tête de la larve de *Culex* est bien plus large que le thorax et l'abdomen. Ajoutons que les larves d'*Anopheles* se trouvent surtout dans les eaux claires, ensoleillées, pourvues d'une végétation abondante; celles de *Culex*

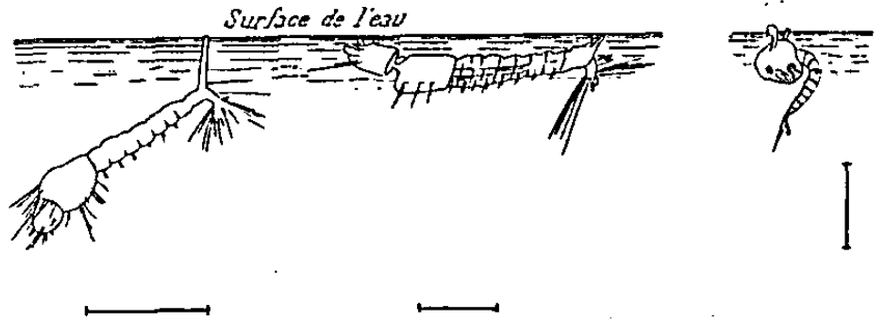


FIG. 4. — LARVES DE MOUSTIQUES.

s'accommodent des eaux les plus sales et les plus infectes.

Une conclusion pratique se dégage de la connaissance des causes et des conditions du paludisme. Nous savons comment on contracte les fièvres; nous savons par là même comment nous défendre contre elles. Nous pouvons nous placer à deux points de vue :

1° *Empêcher l'homme d'infecter le moustique;*
2° *Empêcher le moustique d'infecter l'homme.*

1° Il est évident que si les moustiques ne trouvaient plus d'hémamibes dans le sang de l'homme, ils ne sauraient en inoculer à d'autres hommes; car, dans l'état actuel de la science, on admet que l'hémamibe n'existe que dans le corps de l'homme, son hôte temporaire, ou dans le corps du moustique, son hôte définitif.

Pour empêcher l'homme d'infecter le moustique, il suffit de désinfecter son sang, grâce au médicament de choix : la *quinine*. C'est ainsi que Koch obtient d'excellents résultats en traitant systématiquement toutes les personnes d'une localité donnée, qui ont l'hémamibe dans leur sang.

2° D'autre part, si l'on pouvait se protéger efficacement de la piqûre des moustiques, on pourrait, comme Sambon et Low, vivre impunément dans les pays les plus infectés d'*Anopheles* et de fièvres.

Pour se défendre contre les moustiques infectés ou susceptibles de l'être, il faut employer les moustiquaires, non les moustiquaire du lit, mais celles des portes, des fenêtres et des cheminées, en treillis de fil de fer galvanisé.

Il faut habiter sur des lieux élevés, dépourvus

de végétation, éviter le voisinage des indigènes, qui sont toujours infectés.

Enfin, le moyen radical est l'extermination des larves d'*Anopheles* par le pétrole répandu à la surface des mares (10 cc. par mètre carré); on répète l'opération quand le pétrole est évaporé, c'est-à-dire tous les quinze jours environ.

Le plus souvent, aucune de ces méthodes n'est applicable d'une façon parfaite, et, de plus, toutes ont leurs défauts. Un éclectisme averti est nécessaire; et, en combinant le plus grand nombre possible des procédés proposés, on est sûr d'arriver à de bons résultats dans la lutte contre le paludisme.

Cette lutte contre le paludisme est à l'ordre du jour dans tous les pays où règne cette redoutable endémie qui faisait dernièrement dire à Koch : « Dans nos colonies, ce n'est pas nous qui sommes les maîtres, c'est le paludisme qui est le maître ».

Les hygiénistes, armés de la nouvelle tactique que leur ont enseignée les recherches récentes, entrent en campagne, sur tous les points du globe.

Dr E. SERGENT,
Préparateur à l'Institut Pasteur de Paris.

DISTRACTION SCIENTIFIQUE

LE PHOTORAMA.

Chacun sait ce qu'est un *panorama* : un tableau cylindrique destiné à être vu de l'intérieur, la perspective géométrique en étant établie par rapport à l'axe du cylindre, et la perspective aérienne, ainsi que le coloris, en étant ménagés pour un spectateur placé suivant cet axe. L'éclairage lui-même est approprié au but à atteindre : non seulement, il est donné, ainsi qu'il convient, par le haut et d'une façon discrète, mais encore, pour porter l'illusion au plus haut degré, le spectateur est tenu dans une obscurité complète jusqu'au moment où il débouche sur l'observatoire, plate-forme située au milieu du cylindre. Pour peu que le tableau soit l'œuvre d'un bon peintre, dessinateur habile, l'effet produit est saisissant, et cela explique très bien le succès qu'ont toujours eu ces sortes d'exhibitions, surtout quand il s'est agi de scènes bien vivantes, à multiples personnages, telles qu'une bataille. On a vraiment l'impression de se trouver au centre d'un paysage réel.

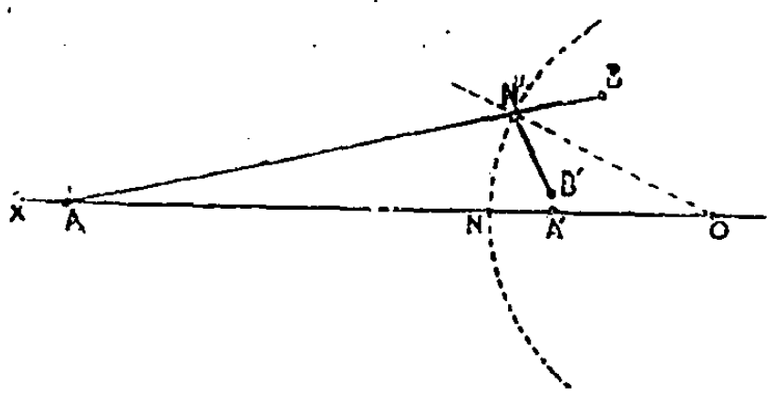


FIG. 1. — MARCHE THÉORIQUE DES RAYONS DANS L'UN DES OBJECTIFS DU PHOTORAMA.

Malheureusement, les *panoramas peints* présentent deux défauts inhérents à leur nature. En premier lieu, ce sont des œuvres humaines, et, comme telles, dépendant de la personnalité des artistes exécutants, comme tous les tableaux; de sorte que l'on peut bien avoir sous les yeux un paysage d'une exécution parfaite, mais ce n'est pas nécessairement le paysage annoncé. En second lieu, on ne peut voir qu'un seul paysage qui reste exposé en permanence jusqu'à épuisement du succès de curiosité qu'il a provoqué. On ne pourrait pas effectuer des changements de décor comme au théâtre, ou même comme dans un simple *diorama* : la mise en place d'une telle toile est longue, difficile et délicate.

On a donc été conduit, pour avoir des tableaux multiples, à employer les procédés de la lanterne magique, c'est-à-dire à projeter des vues lumineuses diverses : et, pour avoir des représentations fidèles, à ne projeter que des *vues photographiques*.

Étant données les conditions du problème, les difficultés étaient grandes. Il fallait, en effet, obtenir une *vue cylindrique* en diapositif, créer l'*appareil à photographier* pour l'obtenir, puis créer à son tour l'*appareil à la projeter*. MM. Ducos du Hauron, le colonel Moëssard, Damoizeau, avaient bien imaginé des appareils à prendre des vues panoramiques; MM. Chase et Grimoin Sanson avaient bien essayé des projections de telles vues. Aucun de ces appareils ne remplissait toutes les conditions nécessaires. MM. A. et L. Lumière, de Lyon, ont résolu la difficulté et créé de toutes pièces un appareil à

projeter des vues cylindriques, qu'ils ont appelé *photorama*, et que bien des gens ont pu voir fonctionner à Lyon, ou à Paris, rue de Clichy;

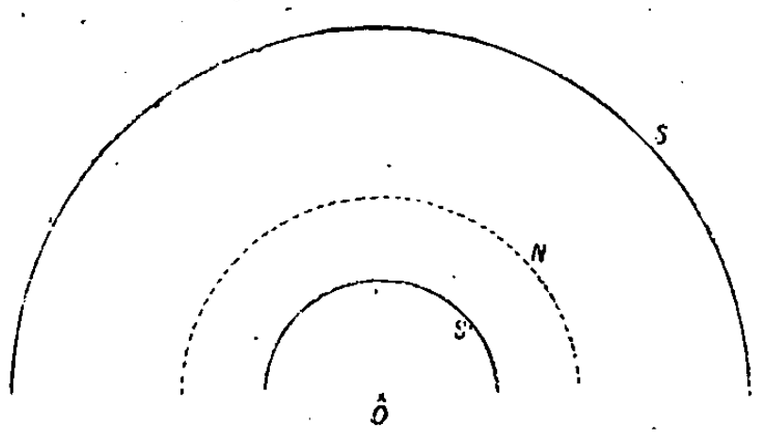


FIG. 2. — SURFACES CYLINDRIQUES, OBJET ET IMAGE CONJUGUÉS PAR SUITE DE LA ROTATION DE L'OBJECTIF N.

ils ont également imaginé un appareil à prendre les vues, qui est évidemment l'annexe indispensable du photorama, et qui repose sur le même principe que celui-ci. Ils font, dans les deux cas, *tourner un objectif* autour et à l'extérieur d'une surface cylindrique, qui est la plaque photographique, cet objectif étant muni d'un *système redresseur* qui fait *apparaître l'image immobile* sur cette surface, malgré le mouvement de rotation de l'objectif.

Voici la théorie explicative du système.

Supposons un objectif photographique ayant ses points nodaux confondus avec son centre optique N (fig. 1), et soit A un point lumineux situé en un point quelconque de son axe principal OX; son image est en un certain point A'.

Faisons tourner l'objectif autour d'un axe O perpendiculaire au plan de la figure, de façon à l'amener en N', position telle qu'il puisse encore réfracter un rayon émanent de A; l'image de ce dernier point est maintenant en B.

Admettons qu'à l'aide d'un dispositif approprié, nous fassions tourner le faisceau émergent N'B autour de N'O comme axe, l'image vient en B', de sorte que, pendant que l'objectif est allé de N en N', l'image n'est allée que de A' en B'.

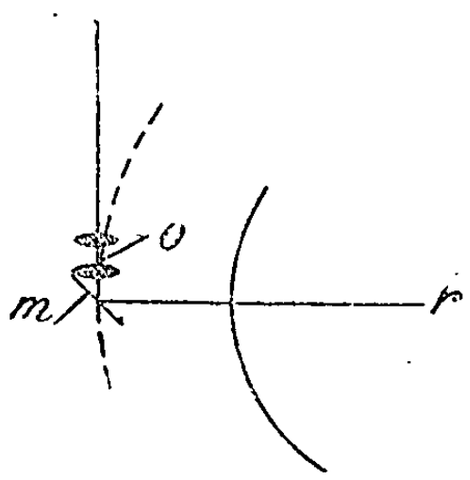


FIG. 3. — RETOURNEMENT DE L'IMAGE PAR RÉFLEXION.

Ce déplacement A'B' de l'image peut être aussi faible que l'on veut, et doit être *pratiquement nul* pour que l'image paraisse rester immobile pendant la rotation de l'objectif[1].

On peut donc, en définitive, avoir des *images paraissant fixes, malgré la rotation de l'objectif* qui les donne, si l'on *retourne* l'image, et si l'axe de rotation est placé à une distance de l'objectif telle que la relation (1) soit satisfaite.

Considérons maintenant deux surfaces cylindriques S, tour d'horizon, et S', cylindre portant une pellicule impressionnable (fig. 2), ayant pour axe commun O l'axe de rotation de l'objectif, et passant en outre par les points A et A' déterminés comme précédemment; considérons l'objectif N tournant entre ces deux surfaces : il donnera sur la surface pelliculaire S une image nette des différents points de la surface S'.

Tel est le principe de l'appareil à prendre les vues.

Il est évident que la réciproque est vraie, c'est-à-dire, que si c'est le point A' qui est l'objet lumineux, son image sera en A (fig. 1), et si les conditions dont nous venons de parler sont rem-

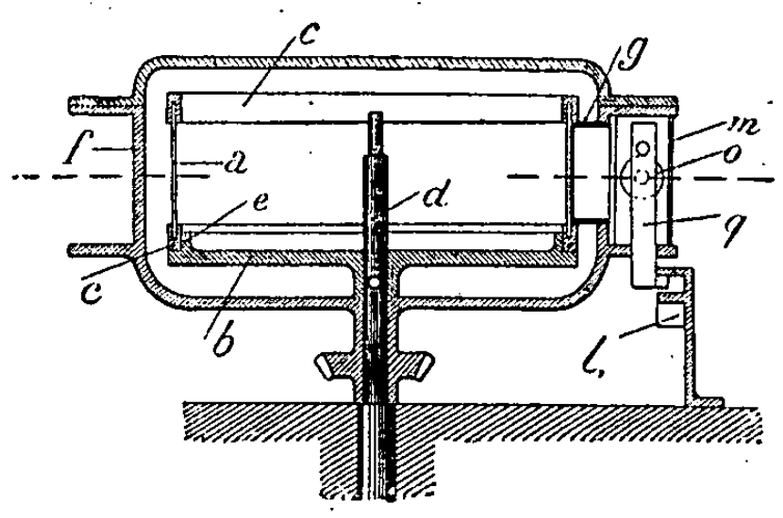


FIG. 4. — COUPE VERTICALE DE L'APPAREIL A PHOTOGRAPHIER.

plies, cette image restera pendant la rotation de l'objectif, pratiquement immobile sur la surface S (fig. 2), jouant le rôle d'écran, et recevant l'image successive des différents points de la surface pelliculaire S'. Pourvu que la rotation se fasse avec une vitesse d'au moins quinze tours par seconde, le phénomène de la persistance des impressions sur la rétine permettra au spectateur placé au centre de rotation O de voir une image immobile et continue sur l'écran.

Tel est le principe du photorama.

Le retournement de l'image qui corrige l'influence de la rotation de l'objectif, est obtenu comme il suit :

L'objectif O (fig. 3), au lieu d'avoir son axe

1. Ce déplacement dépend de l'angle NON' de rotation, de la distance focale principale de l'objectif, et des positions relatives occupées par les points A et N, par rapport à l'axe O. Un calcul montre que pour un angle NON' assez faible, le déplacement est pratiquement nul si la relation suivante est satisfaite :

$$\frac{OA}{OA'} = \frac{NA}{NA'} \quad (1)$$

NA et NA' peuvent être tirés de l'équation classique des lentilles :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

dans laquelle $p = NA$; $p' = NA'$ et $f =$ la distance focale principale.

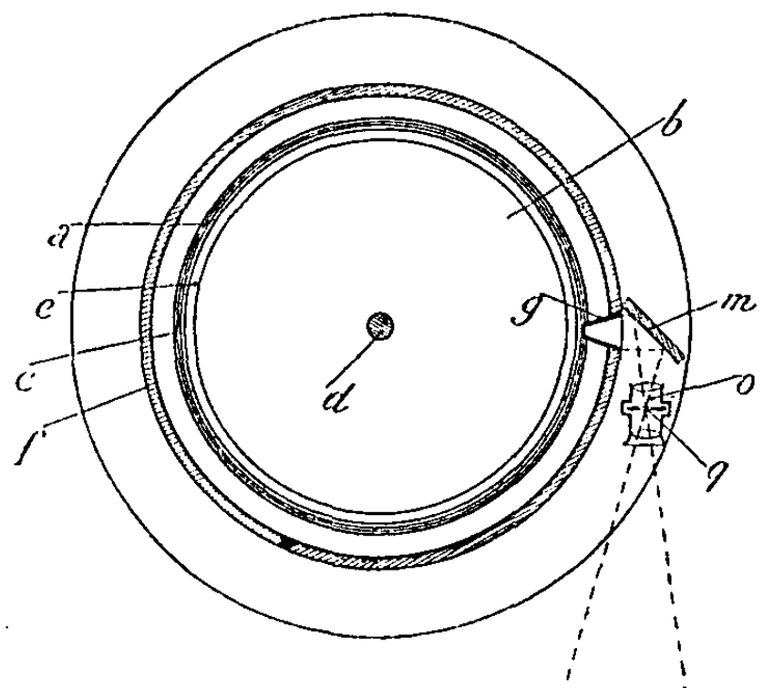


FIG. 5. — COUPE HORIZONTALE DE L'APPAREIL A PHOTOGRAPHIER.

normal à la plaque à impressionner, ou à la plaque à projeter (cylindrique ici), comme dans tous les appareils de photographie ou de projection; a cet axe parallèle à une tangente à la plaque. Puis un miroir plan *m*, argenté sur sa surface pour éviter toute double réflexion, est placé au passage des rayons qui ont traversé l'objectif (pour l'appareil photographique), ou qui vont le traverser (pour l'appareil projecteur), et à 45°, de telle façon que, dans les deux cas, le rayon suive la direction *mr*, normale à la plaque. C'est cette réflexion qui donne une image retournée.

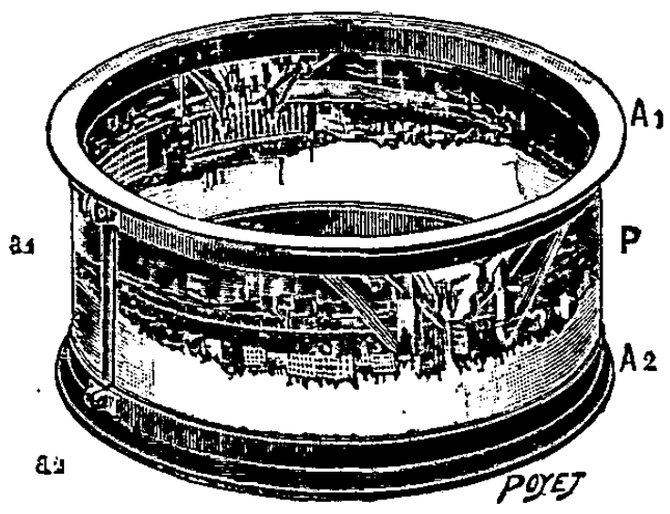


FIG. 6. — PORTE-PELLICULE.

L'appareil à photographier est représenté ici par les coupes schématiques des figures 4 et 5. Il se compose d'un tambour cylindrique *f pouvant tourner* librement autour d'un axe vertical *d*, et mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie. Ce tambour porte en dehors l'objectif *o*, muni de son miroir redresseur *m*, placé devant une ouverture *g* pratiquée dans le tambour. Un obturateur *q* découvre l'objectif pendant un tour complet du tambour, et le recouvre immédiatement après. Sur le même axe est *fixé* un manchon cylindrique *bc*, sur lequel est enroulée la pellicule sensible *a*. Un écran *c*, mobile avec le tambour, se déplace tout près de la pellicule, et présente en face de l'ouverture *g* une fente de 2 à 3 mm. de largeur, destinée à limiter le champ de l'objectif. L'ensemble est recouvert par un couvercle.

Pour prendre une vue avec cet appareil, il suffit de le disposer au centre du paysage à mettre en panorama, et de le faire tourner à une vitesse convenable, laquelle doit naturellement varier avec l'éclairage, et le degré de sensibilité de la pellicule. Quand le tambour a fait un tour, le paysage est pris. Il ne reste plus qu'à en obtenir une pellicule diapositive comme à l'ordinaire, laquelle est destinée à l'appareil suivant.

L'appareil à projeter diffère du précédent simplement en ceci : il porte, comme toutes les lanternes magiques, un appareil d'éclairage, et il est muni de douze objectifs sur le pourtour au lieu d'un seul. C'est pour éviter d'avoir à donner une trop grande vitesse de rotation au système projecteur qu'on a ainsi multiplié le nombre des objectifs. En effet, pour obtenir la persistance des impressions sur la rétine, il eût fallu réaliser une vitesse d'au moins 30 tours par seconde, ce qui réduisait le rendement lumineux, et rendait l'appareil peu stable. Avec douze objectifs, on ne fait faire que trois tours par seconde, et la lumière est douze fois plus considérable.

La pellicule à projeter P est fixée sur un porte-pellicule (fig. 6) composé de deux anneaux métalliques A_1 A_2, à rebords servant d'appuis à deux rubans d'acier a_1 a_2, qui la maintiennent en place. Le porte-pellicule est monté sur un plateau P′ (fig. 8), lequel est *fixé* sur l'axe général X de tout l'appareil.

La figure 7 représente l'appareil à éclairer la pellicule. Il se compose d'un plateau Q muni en son centre d'une douille perforée P. Sur ce plateau sont fixées douze boîtes, contenant chacune un miroir m_1, m_2, m_3, etc., incliné de 45° sur la verticale, et un condensateur K_1, K_2, K_3, etc., formé d'une lentille convergente coupée en rectangle, ayant la hauteur de la pellicule. Ce plateau se met sur l'axe X (fig. 8) qui pénètre dans sa douille, et *peut tourner* librement à l'intérieur du porte-pellicule qui reste fixe. Les rayons lumineux viennent donc d'en

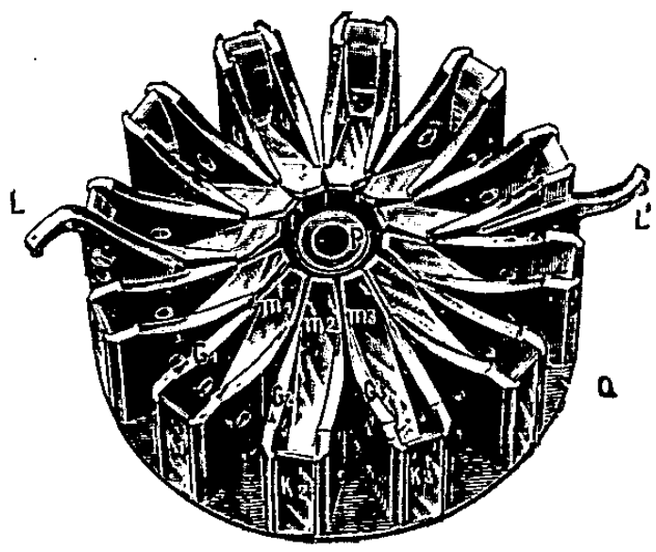


FIG. 7. — APPAREIL A ÉCLAIRER LA PELLICULE.

haut, produits par un projecteur lumineux Mangin, du modèle de la marine; ces rayons, horizontaux après leur émission, sont rendus verticaux par un miroir à 45° qui les envoie sur l'appareil que nous venons de décrire. Là, ils se divisent en douze faisceaux, sont réfléchis par les douze miroirs sur la pellicule, traversent celle-ci et vont sur les objectifs qui se trouvent à l'extérieur, comme il va être dit. Ajoutons que les rayons lumineux, à leur sortie du projecteur Mangin, sont refroidis par leur passage au travers d'une cuve d'eau à parois de verre.

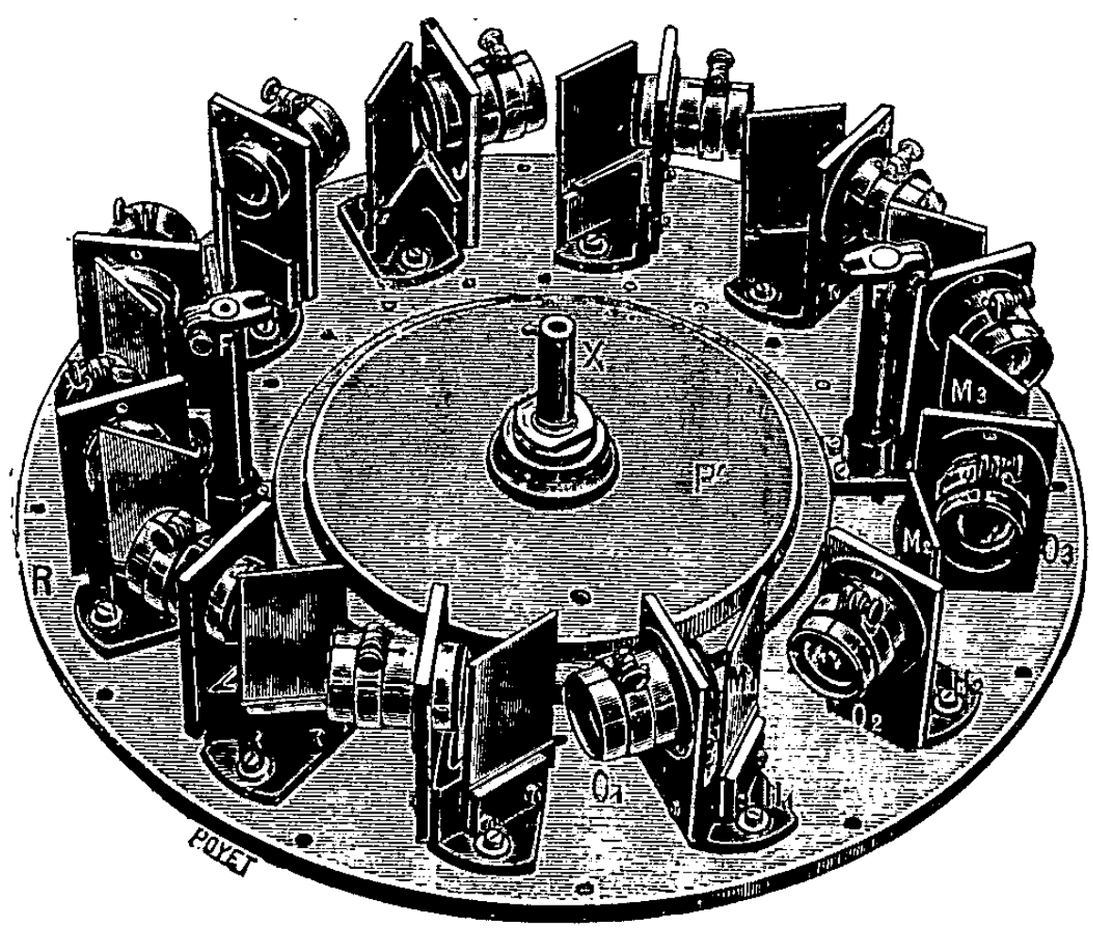


FIG. 8. — SYSTÈME OPTIQUE DU PHOTORAMA.

L'appareil optique (fig. 8) est constitué par un plateau R, *mobile* autour de l'axe général X, de l'appareil. Sur la face supérieure, il porte douze blocs H_1, H_2, H_3, etc., portant chacun un objectif O_1, O_2, O_3, etc., et son miroir redresseur M_1, M_2, M_3, etc.

La figure 9 montre l'ensemble de l'appareil à projeter, les trois parties qui le composent étant en place, savoir : au centre, l'appareil d'éclairage, autour, le porte-pellicule, puis, à l'extérieur, la série circulaire de douze objectifs. Comme les plateaux Q et R doivent tourner ensemble, ils sont réunis par les leviers L, L_1, qui viennent s'engager dans les fourchettes F et F_1, portées par des colonnes solidaires du plateau R. Le mouvement de rotation est donné par un petit moteur électrique, par l'intermédiaire d'une poulie à gorge calée, en dessous du plateau R, sur l'axe X. Quand on veut changer la pellicule, il suffit de relever les leviers, d'enlever le porte-pellicule, et de le regarnir d'une pellicule nouvelle, ce qui ne demande qu'une minute.

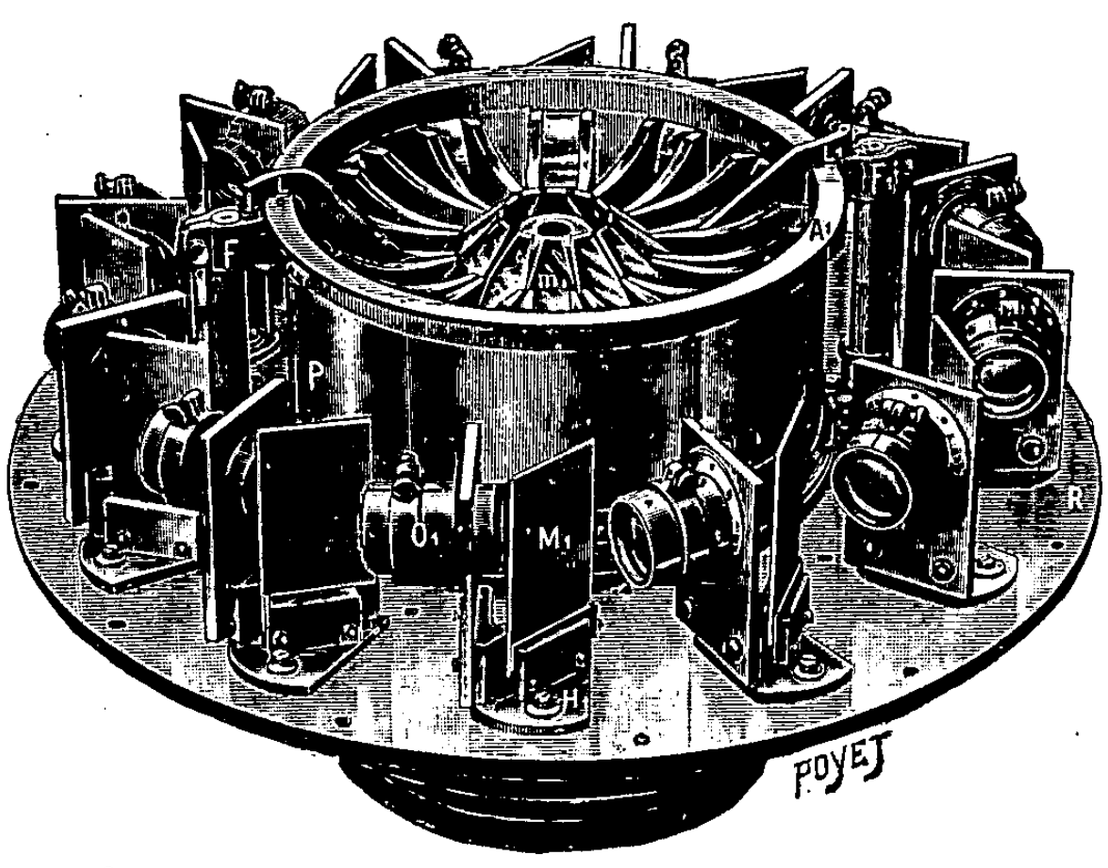


FIG. 9. — ENSEMBLE DE L'APPAREIL A PROJETER : ÉCLAIREUR M_1, PORTE-PELLICULE P, SÉRIE DE DOUZE OBJECTIFS O.

L'écran cylindrique qui complète le photorama est une toile ordinaire. Celle-ci est recouverte d'un enduit semi-diffusant semi-réfléchissant qui renvoie vers le centre de la salle la plus grande partie de la lumière qu'elle reçoit. Par là on évite de noyer chaque image dans la lumière diffusée par les régions voisines de l'écran. L'effet est alors plus saisissant. Toutes les surfaces inutiles de la salle sont pour la même raison peintes en noir.

En projetant des vues avec un grossissement de 100 diamètres, on obtient des images panoramiques très fidèles, et donnant absolument l'illusion de la réalité.

Le spectateur est sur un observatoire comme dans les panoramas ordinaires, et l'appareil à projeter est au centre de cet observatoire, à une hauteur convenable.

J.-F. BOIS.

CHIRURGIE

LA CHIRURGIE CONTEMPORAINE ET LES BLESSURES DU CŒUR. (*Voir le n° 9.*)

Pour ce qui est du traitement des blessures du cœur il faut, avant tout, utiliser les moyens qui peuvent favoriser la formation du caillot qui bouchera la plaie et retardera une issue nouvelle de sang. On nettoie soigneusement la plaie extérieure, on enlève les débris qui peuvent y adhérer, on la ferme au plus tôt par un bon pansement au-dessus duquel on mettra une vessie de glace, on administre de la digitale qui ralentit le cœur tout en augmentant son énergie et sa tonicité grâce à laquelle l'accolement de la plaie sera plus facile. Surtout il faut recommander une immobilité absolue et éviter toute émotion au blessé.

Au point de vue chirurgical il faut distinguer deux cas, suivant qu'il y a ou non corps étranger dans la plaie.

A. *Blessure du cœur sans corps étranger.* — Parmi les cas couronnés de succès, je citerai celui de Rehn (de Francfort) qui opéra un blessé chez qui les battements du cœur étaient à peine perceptibles et qui avait près de la pointe du cœur une plaie de 2 cm. d'où, à chaque systole ou contraction cardiaque, jaillissait un jet de sang. Rehn parvint à suturer la plaie, à se rendre maître du sang : son opération dura une heure et quart et fut exécutée sans endormir le malade trop faible pour supporter la

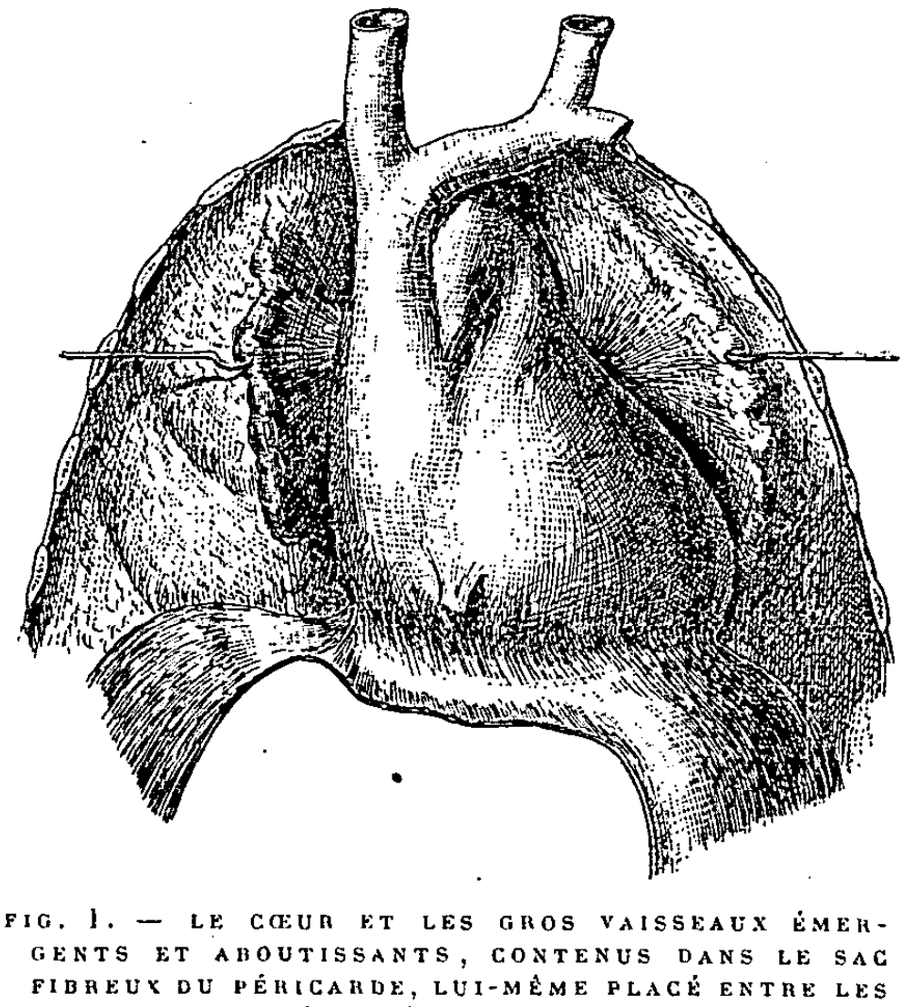


FIG. 1. — LE CŒUR ET LES GROS VAISSEAUX ÉMERGENTS ET ABOUTISSANTS, CONTENUS DANS LE SAC FIBREUX DU PÉRICARDE, LUI-MÊME PLACÉ ENTRE LES DEUX POUMONS ÉCARTÉS.

chloroformisation : le blessé guérit, alors que sa mort était certaine sans intervention. Cappelen opéra aussi et guérit un cas absolument désespéré : il s'agissait d'un blessé qui avait une plaie du ventricule gauche de 2 cm. et demi et dont les mouvements du cœur étaient à peine perceptibles.

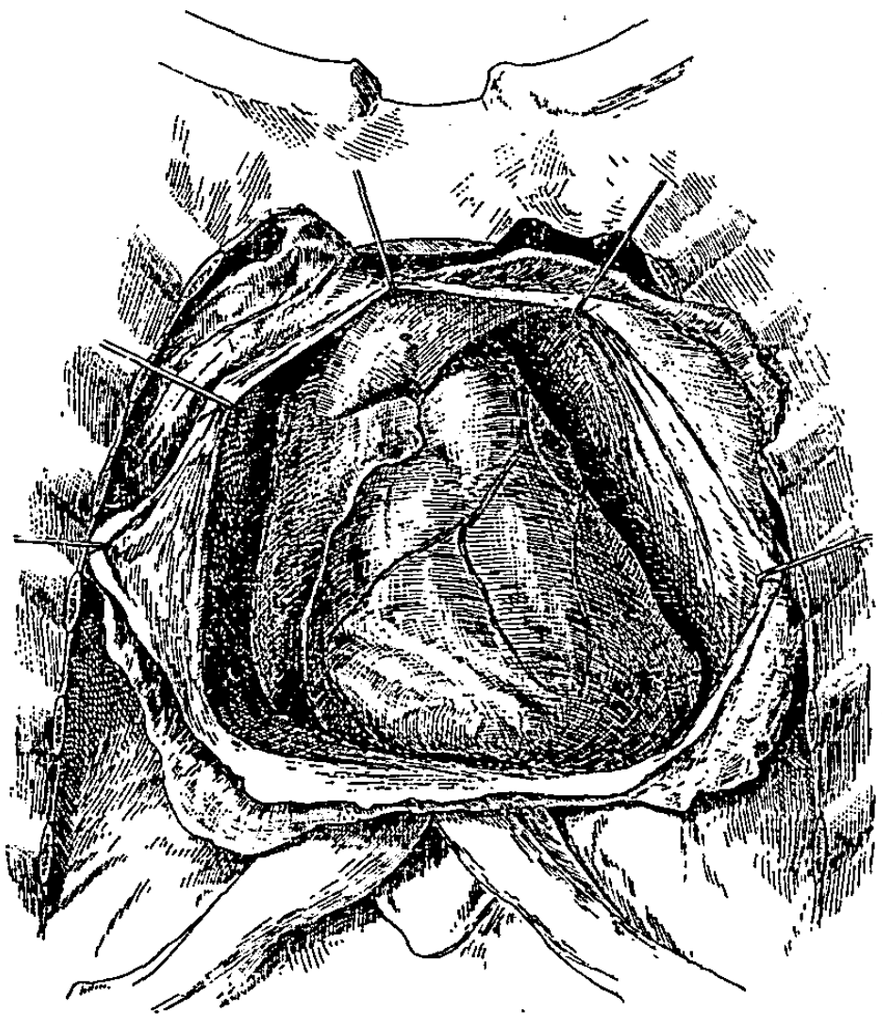


FIG. 2. — LE PLASTRON STERNO-COSTAL DE LA CAGE THORACIQUE EST ENLEVÉ, LE SAC DU PÉRICARDE EST OUVERT : ON VOIT LE CŒUR A NU AVEC DES VAISSEAUX QUI RAMPENT A SA SURFACE.

Voyons maintenant comment on procède pour traiter une plaie du cœur. Évidemment, je ne puis que l'exposer rapidement sans entrer dans des détails purement techniques qui n'intéresseraient pas ou qu'il serait difficile de saisir sans éducation spéciale préalable.

Le premier acte opératoire consiste d'abord à arriver sur le cœur et à découvrir la blessure, ce qui n'est pas toujours chose facile. Pour cela, on le comprend, il est nécessaire de faire sauter le plastron sterno-costal, partiellement du moins, c'est-à-dire d'enlever ou réséquer plusieurs côtes ainsi que les couches musculaires qui les recouvrent ou qui comblent les espaces intercostaux du gril costal. On utilise, à cet effet, plusieurs incisions dont la longueur totale varie de 20 à 30 cm. et qui affectent des formes diverses dont les schémas suivants donnent un suffisant aperçu. On fait sauter avec une forte cisaille les côtes comprises dans l'aire tracée par l'incision, on rabat le tout en formant une sorte de volet.

Le volet taillé aux dépens de la paroi antérieure de la poitrine rabattu, on a accès sur le péricarde, enveloppe en forme de sac double dans laquelle est le cœur proprement dit.

On cherche l'orifice de la blessure sur ce sac péricardique, on l'agrandit et on pénètre dans sa

cavité souvent remplie de sang. On enlève les caillots, on saisit le cœur dans la main en évitant l'interruption de ses battements, et on cherche la blessure qui est quelquefois difficile à trouver. Dans

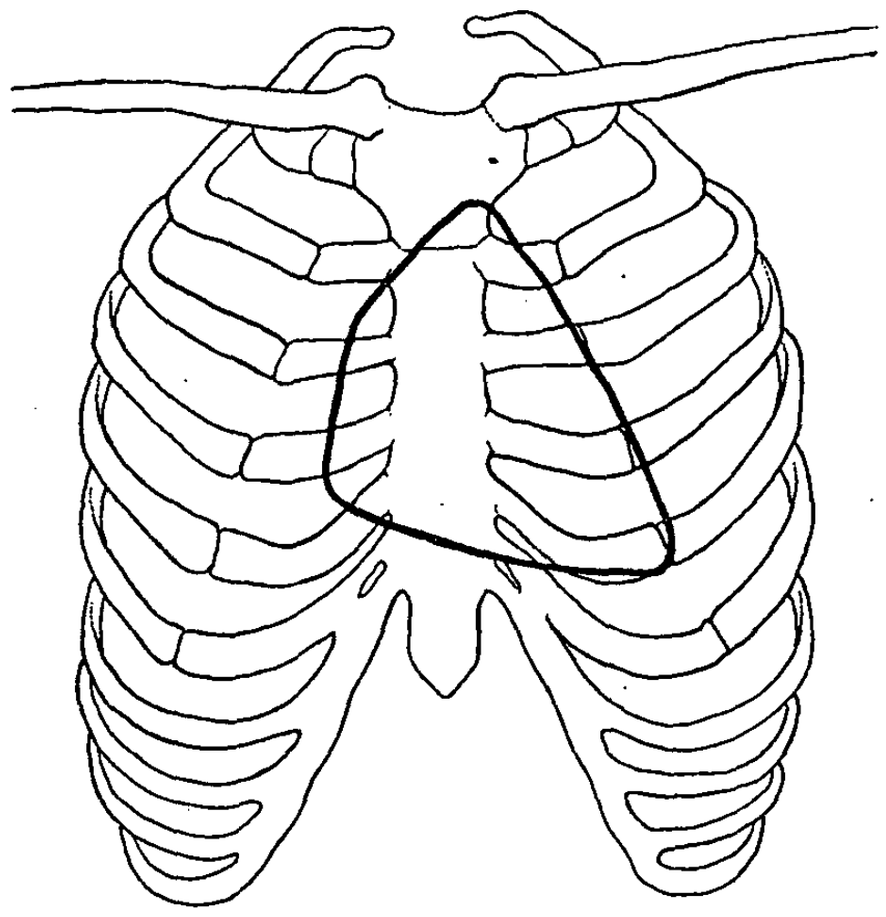


FIG. 3. — LE SQUELETTE DE LA CAGE THORACIQUE. LE TRACÉ NOIR INDIQUE LA PROJECTION DU CŒUR SUR LA PAROI THORACIQUE.

certains cas, pour la découvrir, on a attiré le cœur en dehors de la poitrine et on a pu ainsi explorer cet organe dans toutes ses parties.

Sitôt la plaie reconnue, on y applique le doigt pour la boucher momentanément et éviter une plus grande effusion du sang en attendant l'application des points de suture.

Pour suturer la plaie on se sert de fils de soie ou de catgut (celui-ci ayant l'avantage de pouvoir se résorber au sein des tissus au bout d'un certain temps, alors que la cicatrisation est faite). Il est nécessaire de se servir également de fines aiguilles.

On saisit le cœur et on profite des moments favorables pour passer en plein muscle cardiaque, dans l'épaisseur des parois, à un demi-centimètre environ des bords de la plaie, autant de points de suture que les dimensions de la plaie l'exigeront.

Cette suture est tantôt faite à points séparés, tantôt en surjet.

Les mouvements du cœur, plus ou moins tumultueux, plus ou moins rhythmiques font la grande difficulté de cette suture, d'autant que le muscle diaphragme et que les poumons voisins, par leur poussée dans les mouvements respiratoires, ajoutent à cette difficulté.

Il semble, d'après les cas déjà opérés, que le passage des fils est plus commode au moment où le cœur est en *diastole*, c'est-à-dire en état de dilatation.

Le premier fil est le plus difficile à fixer : aussi est-il utile de conserver les chefs de ce fil qui serviront d'amarres et permettront d'achever plus aisément la suture. Faut-il dire, que si le poumon a été blessé en même temps que le cœur, ce qui est très commun, il y aura lieu de traiter la plaie pulmonaire en même temps. Si l'opération a été difficile, longue, a exigé de pénibles manipulations ou bien si des débris ont pénétré dans la blessure, si l'arme offensante était sale, il est nécessaire de terminer par le drainage afin d'éviter l'infection de ces régions si délicates : pour cela on laisse de gros tubes de caoutchouc dans le péricarde et qui ressortent par la poitrine que l'on ne ferme pas complètement pendant quelques jours.

B. *Blessure du cœur avec corps étrangers.* — Ici, le chirurgien peut être mis dans une terrible alternative. Si l'on se trouve en présence d'une aiguille, d'une tige de fer, d'une lame de fleuret, par exemple, dont une partie est plantée dans le cœur et dont le reste fait saillie au dehors ou est perçue sous la peau, que faire?

Ou bien l'on retire le corps étranger qui, peut-être, fait bouchon et l'on provoque une mort immédiate par hémorragie foudroyante, ou bien on laisse ce corps étranger qui peut ne pas tarder à déterminer des complications inflammatoires graves et mortelles à plus ou moins bref délai.

Cette situation présente une solennité angoissante.

Les deux conduites ont été suivies. C'est ainsi que Turner a retiré avec succès une aiguille enfoncée dans le cœur d'un enfant de deux ans. On a pu extraire également une aiguille au bout de quatre jours et même de neuf jours. J'ai cité par contre plus haut, le cas de Tillaux où une tige de fer de 16 cm. séjourna sans accident pendant un an dans le cœur d'un aliéné.

Si on se décide à retirer le corps étranger, on imitera avec avantage le procédé de Hahn qui consiste à le retirer très lentement, progressivement, en

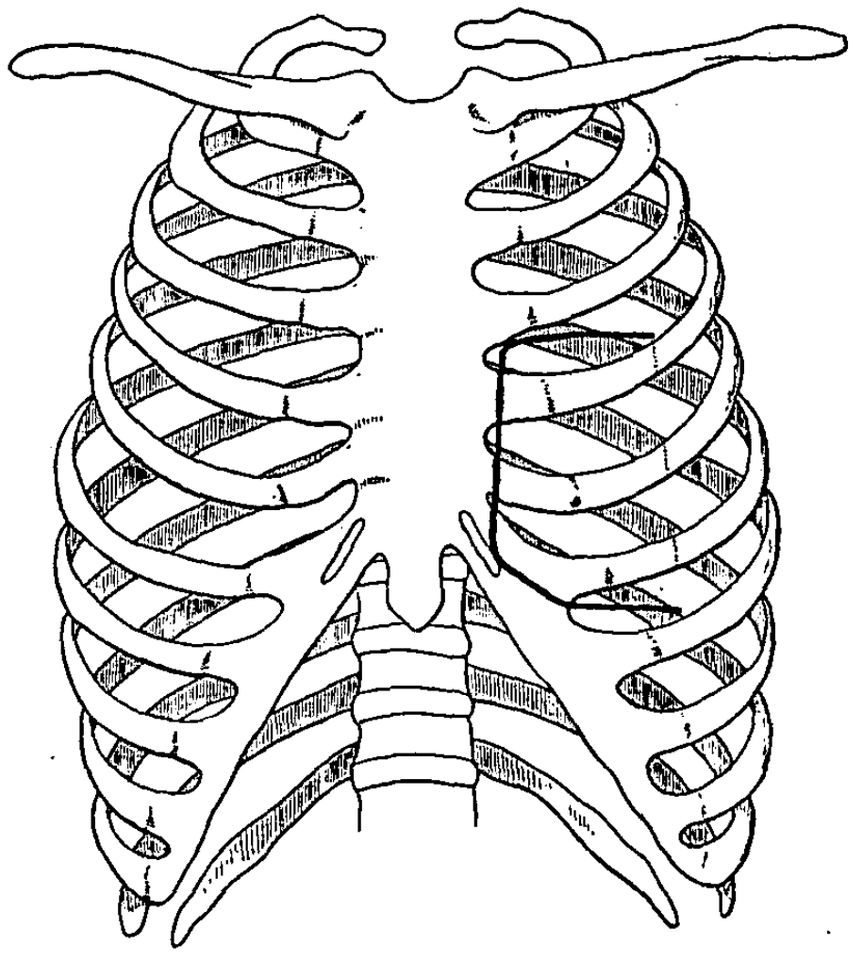


FIG. 4. — LE TRACÉ NOIR EN ⊂ SITUÉ A GAUCHE INDIQUE LE TRACÉ DE L'INCISION PAR LAQUELLE ON AURA ACCÈS SUR LE CŒUR APRÈS AVOIR COUPÉ LES TROIS CÔTES QU'ELLE CIRCONSCRIT.

plusieurs temps de façon à permettre la formation d'un caillot oblitérateur qui favorisera la cicatrisation de la plaie.

Je conclurai de ce qui précède que les plaies du

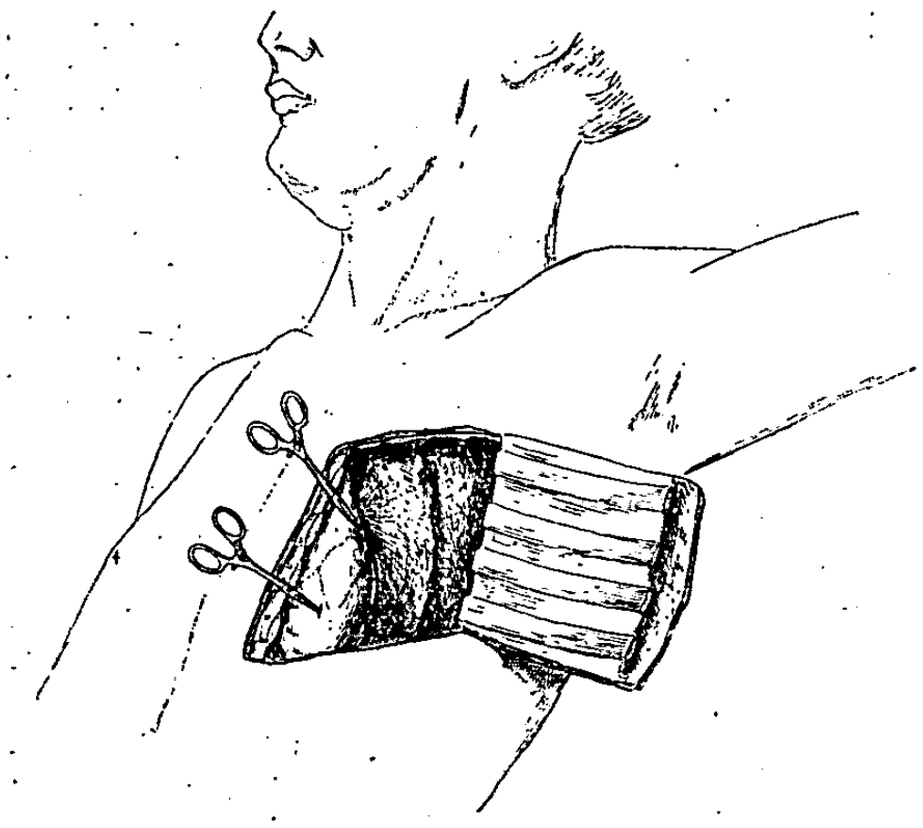


FIG. 5. — LE VOILET THORACIQUE EST RABATTU : ON VOIT LE POUMON GAUCHE ET UNE PARTIE DU CŒUR SOUS LEQUEL SONT PLACÉES DEUX PINCES.

cœur, à l'encontre de l'opinion commune, ne sont pas toujours mortelles, soit immédiatement soit par la suite, et que, d'après les quelques succès obtenus jusqu'ici, on est autorisé à intervenir et à suturer la cœur lorsqu'on se trouvera en présence d'un blessé qui est destiné fatalement à succomber à une hémorragie abondante. Dans certains cas désespérés ce n'est point l'opération qui est éminemment grave, mais bien ces cas qui la commandent. Cette chirurgie nouvelle du cœur est une de celles qui réclament de la part de l'opérateur les qualités si supérieures d'impassibilité active, de décision nette et prompte, de lucidité d'esprit et de rapidité manuelle. Il s'agit là, si je ne craignais de terminer par un jeu de mots, d'une chirurgie de sang-froid. Mais il fallait avant tout avoir dissipé un de ces mystères qui paralysent la pensée et interdisent l'action. Des faits positifs et d'expérience, qui seuls comptent dans le domaine de la raison et de le vérité, sont venus nous éclairer. Aussi, je pense que le grand progrès réalisé dans cette question des blessures du cœur, ne réside pas tant dans les méthodes opératoires suivies et le succès obtenu pour le salut de quelques existences, que dans la conquête morale consistant à ne plus avoir cette crainte religieuse, contemplative et stérile du cœur.

Dr LOUIS DARTIGUES.

PÉDAGOGIE

TRIBUNE LIBRE D'ENSEIGNEMENT EXPÉRIMENTAL

Moulage du phospore.

Un procédé très simple, très commode et très sûr de moulage du phosphore est le suivant : le phosphore est fondu avec un peu d'eau dans un petit ballon (fig. 1) qui peut être fermé par un bouchon muni d'un petit tube en verre ouvert aux deux bouts légèrement évasés; l'extrémité qui est dans le bouchon ne doit pas dépasser celui-ci; l'autre extrémité est bien fermée par un petit bouchon. Au besoin on ajoute un peu de bichromate de potassium en solution dans l'eau pour purifier le phosphore. Après fusion complète du phosphore on place le bouchon avec son tube fermé, ou on met le petit bouchon si le tube ouvert a été placé sur le ballon et on retourne lentement celui-ci comme l'indique la figure : l'eau chaude remplit d'abord le petit tube, puis le phosphore liquide, constamment resté sous l'eau, tombe dans le tube en remplaçant l'eau. Le phosphore reste généralement en surfusion et l'expérience de M. Gernez peut être ainsi facilement réalisée.

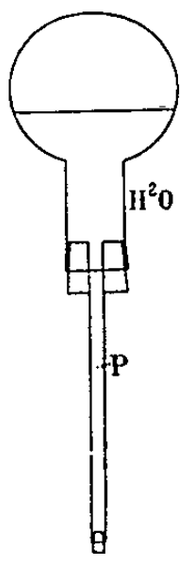


FIG. 1.

Il est toujours prudent de faire cette expérience au-dessus d'un vase contenant de l'eau en cas d'accident. Je fais toujours cette expérience, qui ne demande que quelques minutes, dans mes cours je l'ai fait faire autrefois à mes élèves en manipulations et je n'ai jamais constaté le moindre accident.

Communiqué par C. LACHARME,
Professeur au lycée de Lyon.

Effets de la force élastique maxima des vapeurs.

On remplit un flacon (fig. 2) quelconque à goulot un peu large avec de l'eau tiède au 1/3 de sa hauteur; on adapte un bouchon muni d'un tube effilé; on prépare d'autre part une ampoule en verre mince que l'on souffle à l'extrémité d'un tube de verre que l'on remplit d'éther comme un thermomètre et on ferme avec un trait de chalumeau.

On met cette ampoule dans le flacon, on ferme le flacon et l'on secoue vigoureusement; l'ampoule très mince casse, l'éther se vaporise et la pression est suffisante pour faire monter l'eau à 4 ou 5 mètres de hauteur.

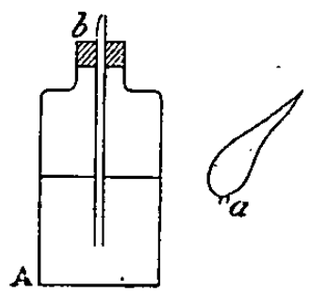


FIG. 2.

En remplaçant l'eau par du mercure et le tube effilé par un tube ordinaire on peut mesurer l'ascension du mercure, et cela à différentes températures, simplement en plongeant le flacon dans de l'eau plus ou moins chaude.

Communiqué par A. TAMPIER,
Professeur à Belley.

Tourniquet à vapeur.

A l'aide de ce tourniquet, on vérifie que l'on peut appliquer aux gaz les mêmes propriétés que l'on constate à l'aide du tourniquet hydraulique.

Dans un ballon de 125 gr. on introduit de l'éther que l'on fait bouillir à l'aide d'une petite lampe tenue à la main.

L'appareil étant suspendu par un long fil à un support quelconque, la sortie de la vapeur par les tubes effilés entraîne la rotation.

On peut illustrer l'expérience en enflammant les jets

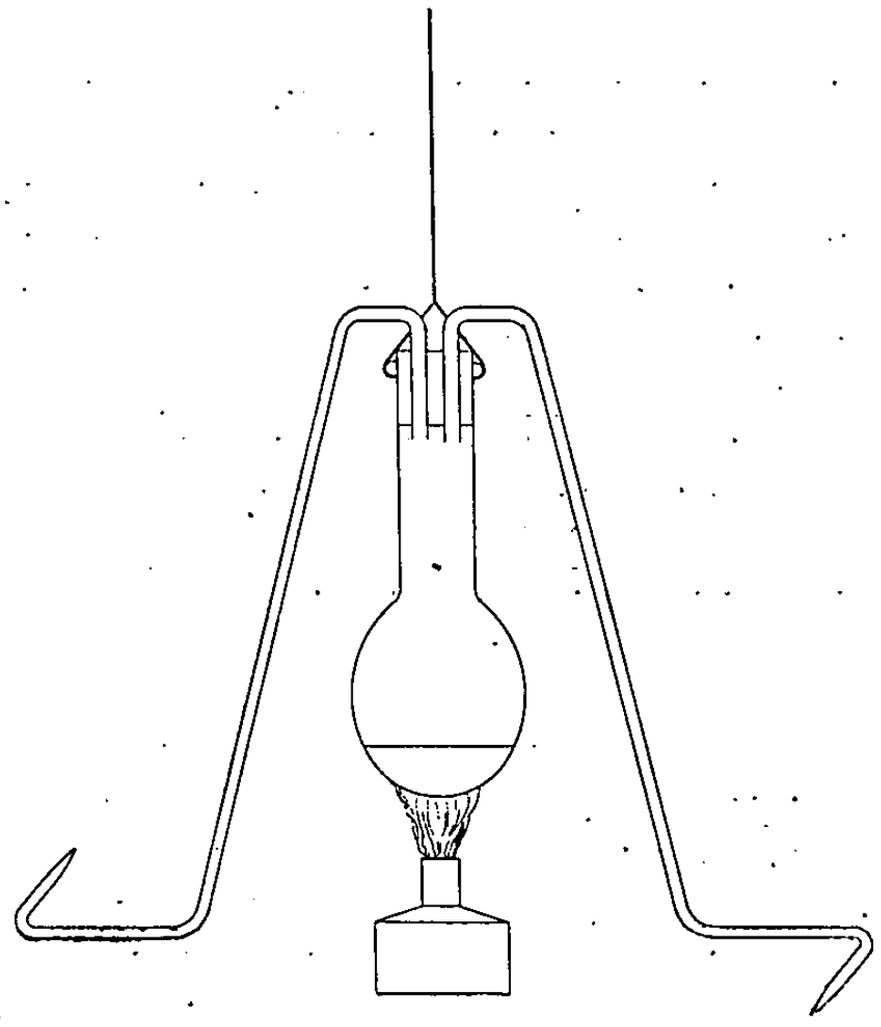


FIG. 3. — TOURNIQUET A VAPEUR.

de vapeur, après une ébullition *qui a chassé l'air du ballon.*

Communiqué par P. JOSSOT,
Professeur à Dijon.

Préparation de l'oxygène.

Cette préparation repose sur l'action des acides sur le bioxyde de baryum.

$$BaO^2 + 2HCl = BaCl^2 + H^2O + O^1.$$

L'appareil employé est le même que celui servant à la préparation de l'hydrogène : un flacon à 2 tubulures dans lequel on introduit le bioxyde pulvérisé. Par le tube à entonnoir on verse l'acide. La réaction est très vive et il se produit une mousse abondante.

Le dégagement d'oxygène est plus régulier lorsqu'on ajoute du bioxyde de manganèse en petits morceaux au bioxyde de baryum; mais ce dernier seul est attaqué

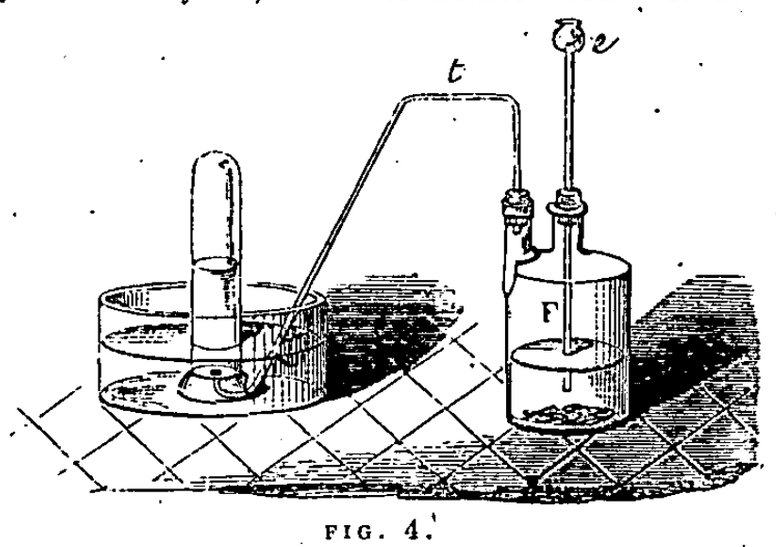


FIG. 4.

(environ poids égaux des deux bioxydes); 50 gr. de MnO^2 donnent environ 4 litres d'oxygène.

L'attaque du bioxyde de baryum est facile avec l'acide acétique étendu. Dans mes expériences, j'ai employé surtout l'acide chlorhydrique étendu d'au moins son volume d'eau. On peut aussi introduire l'eau à l'avance dans le flacon et verser l'acide peu à peu.

Si l'on veut éviter tout à fait la mousse produite par le dégagement du gaz, il suffit d'ajouter dans le flacon une petite quantité d'huile.

Cette préparation est beaucoup plus simple que celle au chlorate de potassium : il n'y a pas besoin de chauffer; il n'y a pas de tube à dégagement de sûreté et la réaction est rapide.

On pourrait d'ailleurs laver le gaz dans l'eau avant de le recueillir. De plus, cette préparation se prête très bien à la construction d'un appareil à production continue, analogue à celui employé pour l'hydrogène.

Communiqué par M. LŒFFEL,
Professeur à Nantua (Ain).

Production de la lumière oxhydrique.

On prend une pipe P de deux sous, en terre, on munit le fourneau d'un bouchon de liège *b* fermant bien et muni de 2 tubulures en verre, l'une amène du gaz d'éclairage, l'autre est en relation avec un réservoir d'oxygène qui se produit très facilement avec l'oxylithe. On fait d'abord sortir le gaz que l'on enflamme on donne ensuite l'oxygène; un simple tube de caoutchouc avec une pince à ressort suffit; quand on a un dard bien bleu on met dans la flamme un bâton de craie; ou encore un morceau de blanc dont se servent les joueurs de billard, on a la lumière éblouissante de Drummond.

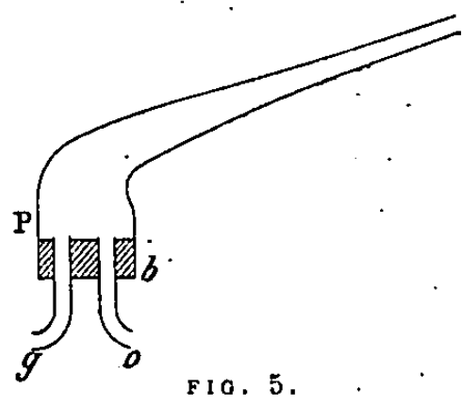


FIG. 5.

Inutile de dire que ce petit appareil présente quelques dangers si l'on vient à donner l'oxygène brusquement; cependant les explosions ne sont jamais dangereuses, du moins celles que j'ai vues, et en ouvrant progressivement l'oxygène on les évite facilement.

Le même dispositif peut servir à montrer aux élèves la combustion de la fonte.

Communiqué par A. TAMPIER,
Licencié ès sciences, Belley.

Ludion simplifié.

Au moyen d'un fil, attacher un poids au goulot d'une petite fiole. Plonger cette fiole dans un flacon contenant de l'eau presque jusqu'à sa partie supérieure; elle se maintient verticale, renversée et flotte, à la condition, bien entendu, que le poids ne soit pas trop lourd.

Renverser le flacon pour faire pénétrer de l'eau dans la fiole jusqu'à ce que celle-ci plonge presque complètement. Fermer hermétiquement le flacon avec un bouchon. En pressant ou en soulevant le bouchon, on fera déplacer verticalement le petit flotteur. Il importe que les mouvements du bouchon soient très faibles et qu'ils soient produits sans que le flacon cesse d'être hermétiquement clos.

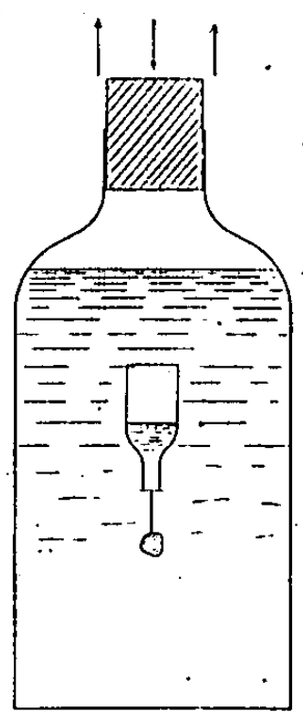


FIG. 6

Communiqué par AUG. CASSOU,
Professeur d'École normale.

G. M.

VARIÉTÉ

LA SCIENCE AU SERVICE DES SOURDS ET DES AVEUGLES.

Je me propose d'attirer une fois de plus l'attention sur les services que la science peut rendre aux sourds et aux aveugles.

Quel que soit le jugement que l'on porte sur les deux exemples particuliers choisis : l'éducation de l'ouïe chez les sourds, les nouveaux procédés d'écriture pour les aveugles, quelle que soit l'opinion que l'on se forme sur les résultats obtenus, il est absolument certain et reconnu de tous que toutes les bonnes volontés doivent tendre à mettre toujours davantage les progrès quotidiens de la science moderne au service des déshérités.

Dans ce domaine spécial il est impossible de gagner la notoriété; le monde des sourds et des aveugles est trop séparé de la foule des hommes normaux, et ce qui se fait chaque jour dans les institutions et les écoles spéciales de sourds et d'aveugles échappe au public.

De grands progrès s'accomplissent sans bruit, aujourd'hui on épargne un temps d'autant plus précieux à l'instruction et à l'éducation de ces infirmes qu'ils sont presque toujours nécessiteux, et l'on peut ainsi en consacrer davantage à leur apprendre un métier. On facilite leur outillage intellectuel et on leur ouvre par là de nouvelles carrières libérales. On réveille parfois en eux des sens endormis, et on les rend dans une certaine mesure à la vie normale, diminuant ainsi leur part de difficulté dans la lutte éternelle pour le pain quotidien.

C'est dans les efforts tentés pour substituer à un sens absent, un autre sens (comme dans le développement du toucher arrivant à remplacer les yeux pour la lecture), que l'homme de science saisit le plus complètement, à son début, le mécanisme de nos sens, le processus de nos sensations, la naissance enfin de l'idée.

Je n'oublierai jamais pour ma part le spectacle auquel j'ai souvent assisté à la Faculté de médecine de Paris, lorsque le Dr Laborde, directeur du laboratoire de physiologie, faisait entendre pour la première fois, au moyen de trois amplificateurs, de malheureux infirmes qui n'avaient jamais rien perçu. Il y avait un mélange extraordinaire de joie, de stupéfaction et d'émotion chez ces malheureux, qui se traduisait par des actes de gratitude touchants; et puis les sentiments divers de joie, d'étonnement, d'émotion se modifiaient à la longue, permettant de saisir sur le vif toutes les influences de la fenêtre joyeuse qui venait de s'ouvrir dans le grand et triste silence de leur vie[1].

C'est dans le réveil d'un sens chez l'infirme qu'on saisit le mieux le mécanisme de ce sens. Il y a dans les sensations auditives comme dans toutes celles des hommes une fraîcheur et une intensité qu'elles n'ont qu'à leur premier matin et qui s'émoussent avec le temps comme toutes les choses, joies ou tristesses; c'est dans leur plénitude de la première heure qu'elles révèlent à ceux qui se penchent comme je le faisais, pour les étudier, toute l'énergie de leur puissance, le charme infini de leur douceur. C'est un monde qui s'ouvrait pour le sujet que j'analysais, en le soumettant successivement à toute la gamme des instruments, des mélodies et des rythmes, et du chant. Les mots jusqu'alors incompris qui forment notre langage musical, presque une langue, s'illuminaient pour lui, et les photographies instantanées du sujet me laissaient la trace matérielle de toute la succession des sensations, je dirai plus justement des émotions musicales qu'il avait rêvé toute une vie. Et c'est la plus douce heure d'une existence humaine que celle où elle sent le premier frisson qui lui dit que son rêve le plus longuement caressé va pleinement se réaliser.

Dans un autre ordre d'idées, c'est dans la substitution d'un sens à un autre, comme celui du toucher à la vue, qu'on saisit le mieux l'unité primordiale de nos sens, l'aveugle-né est en possession de toutes nos notions sur la beauté; l'harmonie des formes a pénétré en lui comme chez le voyant, mais bien que la porte d'entrée ne soit pas la même, l'idée et le sentiment ne diffèrent pas. La loi des nombres et des proportions que posait Pythagore reste la même pour l'une et pour l'autre.

Une même idée peut venir aussi bien d'un sens que d'un autre. Ils se substituent les uns aux autres et se suppléent.

1. Voir les publications des Drs Laborde et Sellé.

Dans le domaine intellectuel le ministre des Postes et Télégraphes d'Angleterre, Fawcett, suivra et discutera, au toucher, toutes les questions de mécanisme les plus difficiles se rapportant à sa haute charge. Le sculpteur aveugle Vidal concevra l'immuable beauté dans ses formes éternelles. Dans la poésie, cette forme supérieure du génie humain qui synthétise une civilisation, la voix d'Homère aveugle domine toutes les autres.

I. — Les sourds.

L'ÉDUCATION DE L'OUÏE CHEZ LES SOURDS

Cette éducation repose sur le principe du *développement d'une ouïe défectueuse par l'exercice.*

Plusieurs années d'observations m'ont prouvé que dans presque tous les cas de surdité, quelles qu'en soient les causes ou la gravité, *un très court exercice quotidien mais rationnel de l'ouïe* amène un *développement lent mais progressif de l'audition.*

Il n'y a rien là qui doive surprendre si on se rappelle l'*importance de l'exercice et de l'entraînement* dans tous les domaines et si on veut admettre avec le physiologiste que la *fonction crée l'organe.*

Or, celui qui entend mal, évite souvent, en raison même de sa difficulté à comprendre, d'écouter. Il se détourne des conversations, des *spectacles auditifs*, alors qu'il devrait les rechercher davantage. De plus les personnes entendant normalement, pour éviter soit la fatigue et le désagrément qu'elles éprouvent à élever la voix, soit l'obligation de s'approcher de l'oreille de l'infirme, se dispensent volontiers de parler à ceux qui entendent mal. Elles devraient au contraire converser, même inutilement, avec ces derniers afin de combattre l'atrophie de leurs *vestiges auditifs.*

Il résulte de ces faits que la personne sourde constate l'augmentation progressive de sa surdité, en dehors de toute maladie aggravant son état.

Il importe donc d'augmenter, en faveur du sujet affligé de surdité, le nombre des occasions d'entendre et de lui faire percevoir des sons dont il soit facile de régler à volonté l'intensité.

J'ai donné au premier appareil remplissant ce but le nom d'*amplificateur audiométrique* (fig. 1).

L'augmentation d'intensité des sons trop faibles est obtenue au moyen de petites conques, dont la forme est calculée en vue du meilleur effet à produire, et qui sont faites d'un cristal rendu spécialement sonore par l'addition de métaux convenables durant sa fusion.

Le réglage de l'amplification des sons est obtenu de la manière suivante :

On passe chacun des deux tuyaux souples dans des blocs ayant une partie mobile que rapproche une vis micrométrique à tête plate graduée, de manière qu'en rapprochant la partie mobile on puisse serrer plus ou moins les tuyaux

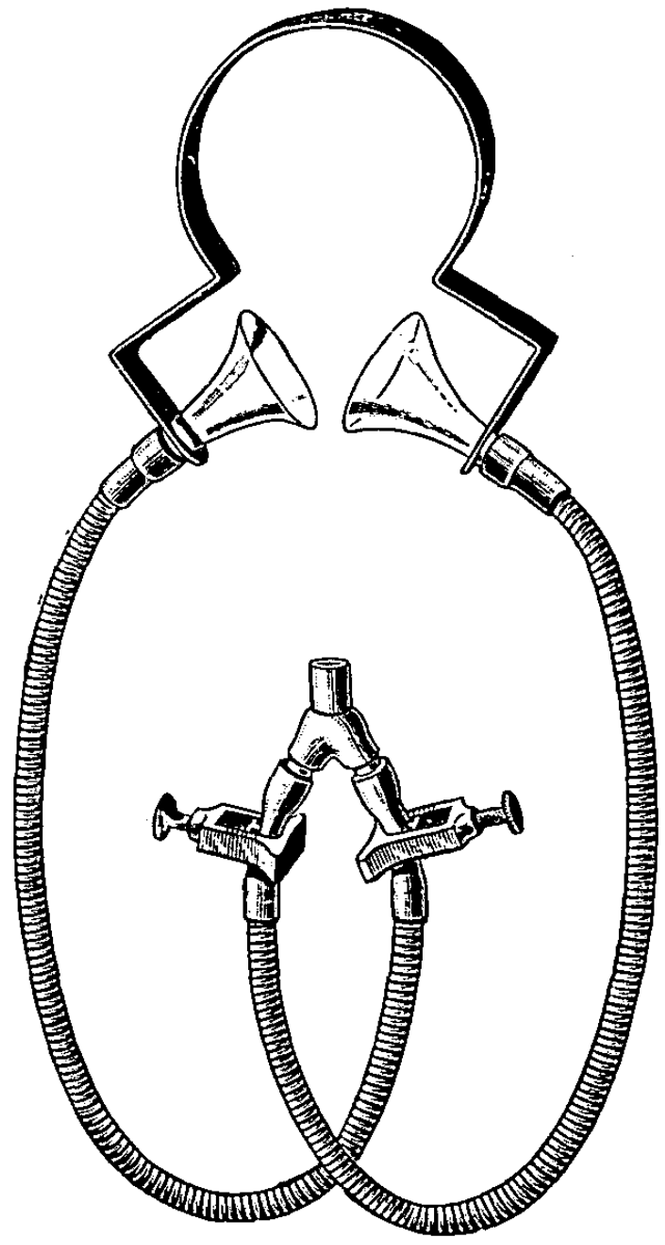


FIG. 1. — AMPLIFICATEUR AUDIOMÉTRIQUE.

de caoutchouc et par là graduer le son d'une manière progressive et continue afin de le diminuer par exemple au fur et à mesure que l'ouïe se réveille par l'exercice.

Les conques sont maintenues par un serre-tête en regard de l'oreille du sourd en traitement. Les tuyaux souples aboutissent à une embouchure où l'on parle, l'intéressé pouvant au besoin remplir ce rôle, ou bien à un phonographe, sur la docilité duquel on peut compter et qui remplace la voix humaine si on le désire.

Dans presque tous les pays, cette méthode est aujourd'hui en usage et je ne mentionnerai que pour mémoire quelques-uns des résultats obtenus. Elle intéresse le public des sourds qui

comprend plus de 400 000 individus rien que pour notre pays.

Le Dr Gellé, médecin otologiste à la Salpêtrière, s'exprime ainsi dans la *Tribune médicale* : « Avec de la patience et de la persévérance, on peut réagir dans les cas les plus désespérés, même dans la surdité congénitale. D'ailleurs, quelle qu'en fût l'origine, fièvre éruptive, typhoïde, méningite cérébro-spinale, etc., les exercices auditifs ont pu être utiles et enregistrer des succès. Dans les cas de surdité chez l'adulte, les conditions sont un peu différentes; cependant les résultats ont été les mêmes et les exercices méthodiques ont montré leur influence pour stimuler et accroître le pouvoir auditif ».

M. Drouot, professeur à l'Institution nationale des sourds-muets de Paris, rapporte, entre autres, les deux cas suivants : « On a soumis pendant deux années un jeune sourd à des exercices acoustiques méthodiques : l'enfant qui, *au début, ne percevait que quelques lettres criées de toute la force possible dans son oreille*, arriva peu à peu à entendre des phrases entières dites à un pas de distance et *devint enfin capable de suivre l'enseignement scolaire ordinaire du lycée.* Il en est de même d'un certain malade grand amateur du Théâtre Français; *un simple traitement de six semaines a redonné à l'ouïe sa première vigueur et la personne dont nous parlons a repris, avec la joie que l'on comprend, son fauteuil dans la maison de Molière* ». Je terminerai en citant les résultats de premier ordre obtenus à l'Institution de Neuilly, universellement connue de tous ceux qui ont étudié le problème de la surdité. La directrice de cette célèbre institution, Mme Debraux, a adopté depuis deux ans dans toutes ses classes l'amplificateur audiométrique, et le Dr Laborde, le savant directeur du laboratoire de physiologie à la Faculté de médecine de Paris, a présenté à ses collègues de l'Académie de Médecine, le 17 juin dernier, dix des sujets de l'Institution de Neuilly : « Tous, dit-il, même ceux qui ne présentaient, au début, aucun vestige d'audition, ont acquis celle-ci, à des degrés divers, selon le temps d'éducation qu'ils ont subie; temps qui, en moyenne, chez les sujets normalement développés, varie de quelques mois, débuts du réveil fonctionnel et de ses premières manifestations, à trois ans, époque d'un développement fonctionnel à peu près complet, se rapprochant tellement de l'état normal, à tous égards, que l'état antérieur et original de surdité peut à peine être reconnu ».

En résumé dans tous les cas de surdité on doit essayer *les exercices auditifs.*

Ces exercices peuvent être faits par le sourd lui-même au moyen *de l'amplificateur audiométrique.*

On obtient toujours *un progrès dans la perception auditive*, variant depuis une légère amélioration dans les facultés de l'ouïe jusqu'à la guérison complète suivant la cause de la surdité et sa durée antérieure au traitement.

II. — Les aveugles.

LE NOUVEAU PROCÉDÉ D'ÉCRITURE DES AVEUGLES

Depuis trois quarts de siècle seulement les aveugles écrivent.

Les lettres de leur alphabet sont composées au maximum de six points placés sur deux rangées verticales; c'est par la combinaison de ces points, un à un, deux à deux, etc., que l'aveugle forme tous les signes de l'écriture, du calcul et de la musique.

Pour former ces signes en relief sur le papier, l'aveugle se sert d'une règle mobile et déplaçable à volonté sur un cadre dans lequel est emprisonnée la feuille de papier, entre une plaque de zinc, munie de sillons horizontaux, et la plaque de cuivre formant la réglette. Celle-ci est percée de petites fenêtres rectangulaires à travers lesquelles la main droite de l'aveugle enfonce un poinçon, pendant que de la main gauche il se guide pour tracer, dans chacune des fenêtres qui se succèdent, la ligne de points en creux qui constituent les signes de l'alphabet en creux de son écriture.

Ces points, grâce à la pression du petit poinçon sur le papier et aux rayures transversales de la plaque de zinc sous-jacente, déterminent sur l'autre face, ou le verso du papier, des reliefs dont l'attouchement, le contact des doigts, si sensibles chez l'aveugle qu'ils remplacent les yeux, permettent la lecture.

Cette lecture ne peut évidemment se faire qu'à la condition de retirer la feuille écrite de son cadre et de la retourner sur la table.

Ce procédé présente diverses imperfections capitales :

L'aveugle formant les lettres au recto pour les lire au verso est obligé :

1° D'apprendre deux alphabets, deux notations chiffrées, deux notations musicales, une pour la lecture, une pour l'écriture, ce qui est long, difficile et fatigant pour le maître et pour l'élève.

2° D'apprendre à écrire de droite à gauche et à lire de gauche à droite, deux opérations cérébrales qui se contrarient.

3° Pour se corriger ne fût-ce que d'une lettre, d'un point, de retirer sa feuille de papier du cadre et de la retourner pour la relire, puis de déterminer le rang de la lettre à corriger et la ligne où elle se trouve (il y a 22 lignes et 23

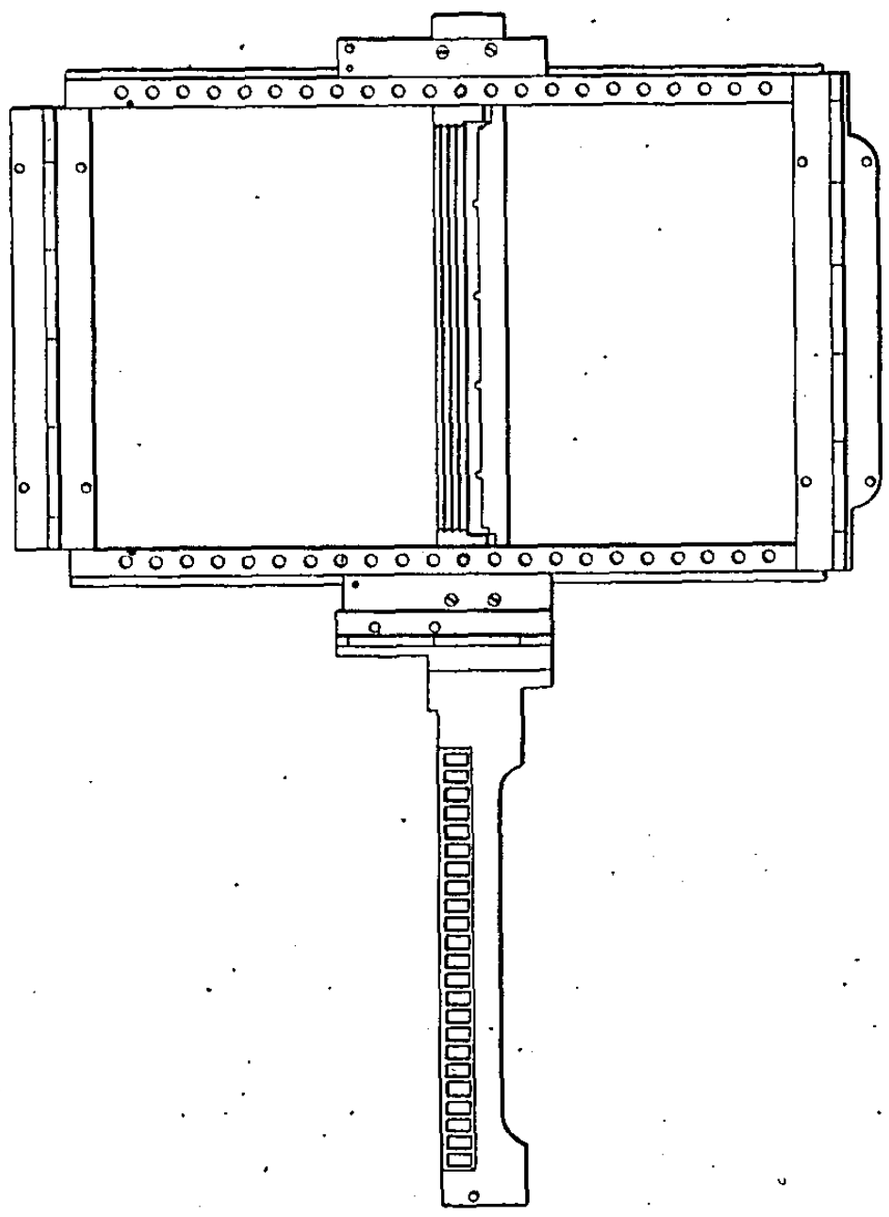


FIG. 2. — APPAREIL A ÉCRIRE POUR AVEUGLES.

lettres par ligne). Il faut ensuite replacer la feuille dans le cadre, amener la réglette sur la ligne voulue et compter les fenêtres une à une pour arriver à celle du rang correspondant à la lettre à corriger. Pour vérifier si la correction a été bien faite, il faut recommencer toute la série des opérations nécessitées par la lecture.

5° L'aveugle ne peut pas calculer ainsi, car il faut pour cela pouvoir se relire facilement au fur et à mesure.

Aussi l'aveugle calcule-t-il avec le *cubarithme*, c'est-à-dire avec des cubes en métal portant sur les six faces des chiffres en relief: il place lentement ces cubes lourds, encombrants, dans un second cadre à cavités, destinées à les recevoir, et lorsqu'il a terminé son calcul, il n'en reste aucune trace, puisqu'il est obligé d'enlever les cubes et de les replacer dans leur boîte.

L'appareil que j'ai imaginé et construit dans le but de supprimer toutes ces laborieuses et rebutantes manœuvres (fig. 2) se compose de deux charnières horizontales reliées par deux minces bandes métalliques le long desquelles glissent trois rainures formant plan incliné. Un artifice mécanique permet de maintenir ce plan absolument fixe lorsqu'on écrit et de le faire disparaître quand on relit. En appuyant convenablement avec la main sur une petite règle mobile portant les fenêtres, et qui sert de guide dans l'écriture, celle-ci conduit automatiquement l'aveugle de ligne en ligne; elle entraîne d'ailleurs le plan incliné dans son mouvement de façon qu'il soit toujours présent à l'endroit où l'on écrit.

L'aveugle écrivant ainsi sur un plan incliné, et pour relire basculant l'appareil, ce qui se fait en quelque sorte instantanément, il se trouve qu'un point écrit en creux en *haut à gauche*, par exemple, donne un point en relief en *haut à gauche*, si impossible que cela puisse d'abord paraître.

L'aveugle n'a donc qu'un seul alphabet, une seule notation chiffrée et une seule notation musicale à apprendre. La lecture s'exécute comme l'écriture de gauche à droite.

Enfin l'aveugle peut calculer sans le secours du cubarithme et conserver ses calculs, puisqu'il peut se relire au fur et à mesure qu'il écrit et repérer facilement la colonne dans laquelle se trouvent inscrits les chiffres.

L'efficacité du nouveau procédé d'écriture a été établie par les expériences faites à l'École départementale des aveugles de la Seine et à l'Hospice national des Quinze-Vingts, sous la savante direction de M. Péphau. Les expériences du professeur Dr Laborde à l'Académie de médecine et de M. Carnot à l'Académie des sciences ont été, elles aussi, favorables à la méthode.

A l'étranger, on s'est également mis à l'œuvre et on s'applique de tous côtés à perfectionner « l'outillage de pénétration intellectuelle » des aveugles dont le nombre est malheureusement si grand [1].

Il n'y a pas de plus beau spectacle que celui de la science s'efforçant de faire servir ainsi ses découvertes au développement de la perfection intellectuelle et morale de ceux que frappe injustement une cruelle fatalité.

F. DUSSAUD,
Ingénieur-électricien.

1. On en compte, en effet, plus de deux millions dans le monde, et, d'après la statistique officielle de 1883, il y en aurait environ 39 000 en France.

Revue critique des Travaux scientifiques.

BOTANIQUE

Synthèse des plantules d'Orchidées.

Depuis la découverte des mycorhizes effectuée par Frank, le rôle des champignons vivant en symbiose avec les végétaux supérieurs apparaît de plus en plus important et se précise peu à peu; la notion va s'affirmant que le substratum des végétaux ne tire pas seulement ses qualités des éléments inorganisés qui le constituent, mais aussi de la nature des organismes microscopiques qu'il renferme.

M. Noël Bernard s'est attaché à l'étude de la relation qui peut exister dans certains cas entre la formation des tubercules et l'infection par des champignons inférieurs des plantes correspondantes. Le cas des Orchidées s'est tout naturellement présenté à lui, puisque l'infection de leurs appareils radiculaires était déjà signalée, et dans un premier travail qu'il a présenté comme thèse de Doctorat, ce botaniste a conclu que tous les faits concourent à faire admettre que les phénomènes de tubérisation présentés par les Orchidées sont sous la dépendance d'une association normale de ces plantes avec des champignons qu'il rapporte au genre *Fusarium*. Restait à en donner une preuve décisive; c'est celle-ci que l'auteur vient d'apporter récemment [1].

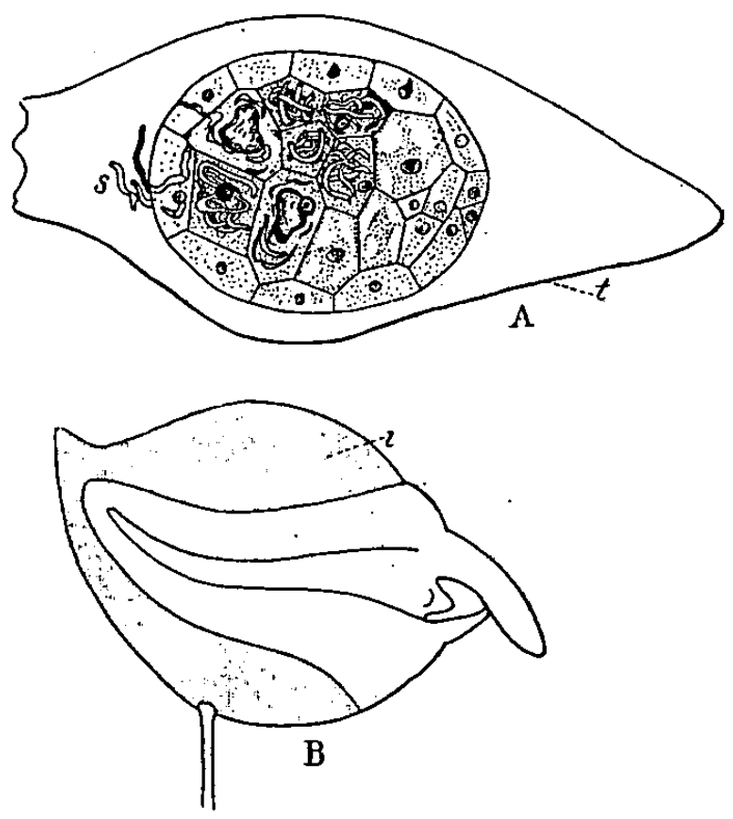


FIG. 1. — ÉTUDE SUR LA TUBÉRISATION.

A. Embryon d'Orchidée à l'intérieur du tégument *t* de la graine; il est envahi par le mycélium d'un champignon qui pénètre par la région du suspenseur *s*.

B. Jeune plantule d'Orchidée montrant le bourgeon terminal et une partie tubérisée dont la zone externe *i* est infestée par le champignon.

M. Bernard a réussi à réaliser expérimentalement la *synthèse* des plantules d'Orchidées qui apparaissent comme constituées par l'association d'un champignon endophyte avec les cellules résultant de la division de l'œuf. Il s'est adressé à des graines de *Cattleya* et de *Lælia* qu'il a cultivées sur du salep gélosé; le développement de celles qui étaient aseptiques est resté très peu considérable; on obtient dans ces conditions le verdissement des petits embryons contenus dans la graine, mais pas de germination à proprement parler.

Il n'en est plus de même si on vient à placer ces embryons dans un tube de culture où se trouve le champignon isolé au préalable de petits tubercules d'Orchidées obtenus par la germination des graines sur de la sciure de bois humide, dans des serres où on cultive les Orchidées; ces petits tubercules, ayant la forme d'une toupie, se montrent en effet toujours infestés par un hyphomycète et celui-ci, cultivé purement, puis mis en présence de petits embryons restés jusqu'alors aseptiques, pénètre en eux et détermine leur développement ultérieur; son association avec l'embryon de l'Orchidée est donc une condition nécessaire à la formation d'une plantule bien constituée.

Action de l'eau sur les racines d'Orchidées.

C'est aussi des Orchidées et d'un phénomène de suractivité cellulaire que M. G. Bonnier s'occupe dans une communication récente à l'Académie des sciences (5 octobre). Les racines aériennes des *Lælia*, des *Cattleya*,... étroitement appliquées contre leurs supports, constitués dans les serres de culture par des morceaux de bois, s'aplatissent sans que cette déformation retentisse le moins du monde sur leur structure interne, sans même que la section du cylindre central cesse d'être parfaitement circulaire; mais on observe très souvent dans la région péricyclique du cylindre central la production anormale d'un tissu ayant en coupe la forme d'un croissant; quelle que soit la situation de ce croissant il est facile de constater que sa convexité est toujours tournée vers la sorte de gouttière supérieure qui existe entre la racine et son support et qui retient l'eau d'arrosage.

C'est bien à la présence de l'eau dans cette région qu'est due la multiplication cellulaire du péricycle; les expériences de M. Bonnier sont très nettes à cet égard; des racines aériennes d'Orchidées qu'on fait se développer à l'intérieur de tubes remplis de sphagnums humides présentent la réaction du péricycle sur tout leur pourtour; celle-ci fait au contraire complètement défaut chez les racines qui s'accroissent dans l'air, sans contracter d'adhérence avec un support.

La Phthiriose de la vigne.

Une maladie, très anciennement signalée en Palestine, mais qui paraissait avoir disparu, vient de faire à nouveau son apparition dans cette

1. N. Bernard, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 21 sept. 1903.

région ; les recherches de MM. Mangin et Viala[1] permettent de la rapporter à l'action combinée d'une Cochenille, le *Dactylopius Vitis*, et d'un champignon, le *Bornetia Corium*.

Le *Dactylopius* pique les racines, mais son action ne serait pas néfaste s'il ne dégorgeait de grandes quantités de sève, dans laquelle se développe abondamment le champignon ; celui-ci forme autour des racines une sorte de manchon ayant la consistance du cuir et détermine la mort par asphyxie des organes qu'il enveloppe étroitement.

Les Cochenilles émigrent alors vers de nouvelles racines saines, emportant à la surface de leur corps des spores du *Bornetia*, de sorte que cette sorte de symbiose se perpétue dans les vignobles et peut en causer la destruction.

Le sulfure de carbone permet de détruire la Cochenille et de supprimer par conséquent l'association néfaste.

Le *Dactylopius Vitis* n'est pas nouveau pour la science ; il a été signalé sur tout le pourtour du bassin méditerranéen et au Chili ; le champignon qui lui est associé en Palestine pour produire la phthiriose constitue au contraire une nouvelle espèce et paraît appartenir à un groupe également nouveau, qui présente des affinités multiples avec les Ustilaginées et les Basidiomycètes ; disons seulement que ses spores sont isolées, mais endo-

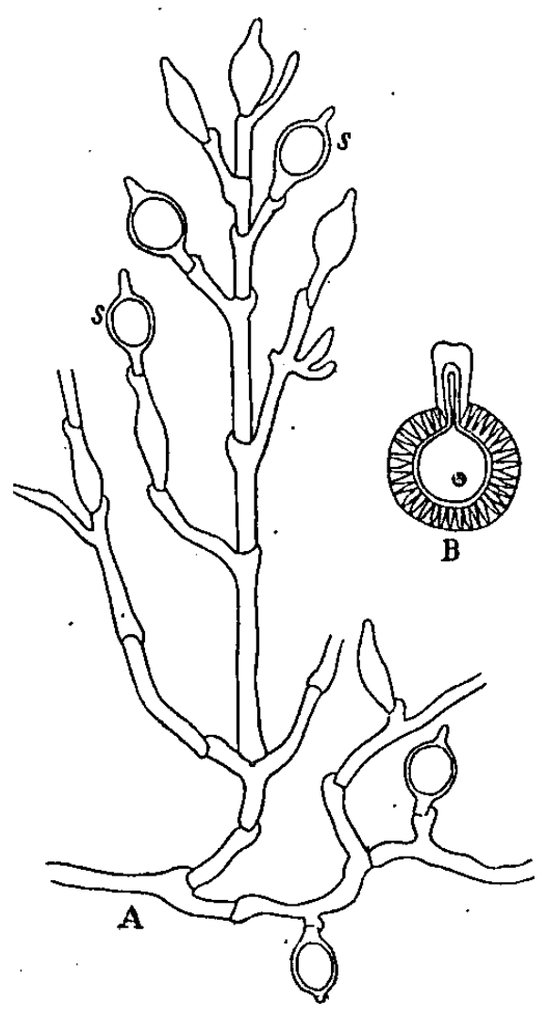


FIG. 2. — LA PHTHIRIOSE DE LA VIGNE.

A, *Bornetia Corium* avec des sporanges jeunes à une seule spore *s* ; on a représenté à part en B, vue à un plus fort grossissement, une de ces spores avec les ornements de sa membrane.

gènes, et qu'elles présentent à leur maturité une membrane externe (exospore) hérissée de pointes et de lames saillantes (fig. 2).

1. *Revue de Viticulture*, 1903.

Tiges prenant naissance sur des racines.

Les racines ne se ramifient le plus souvent que pour donner naissance à de nouvelles racines ; cependant la liste est assez longue des plantes chez lesquelles il se développe, en

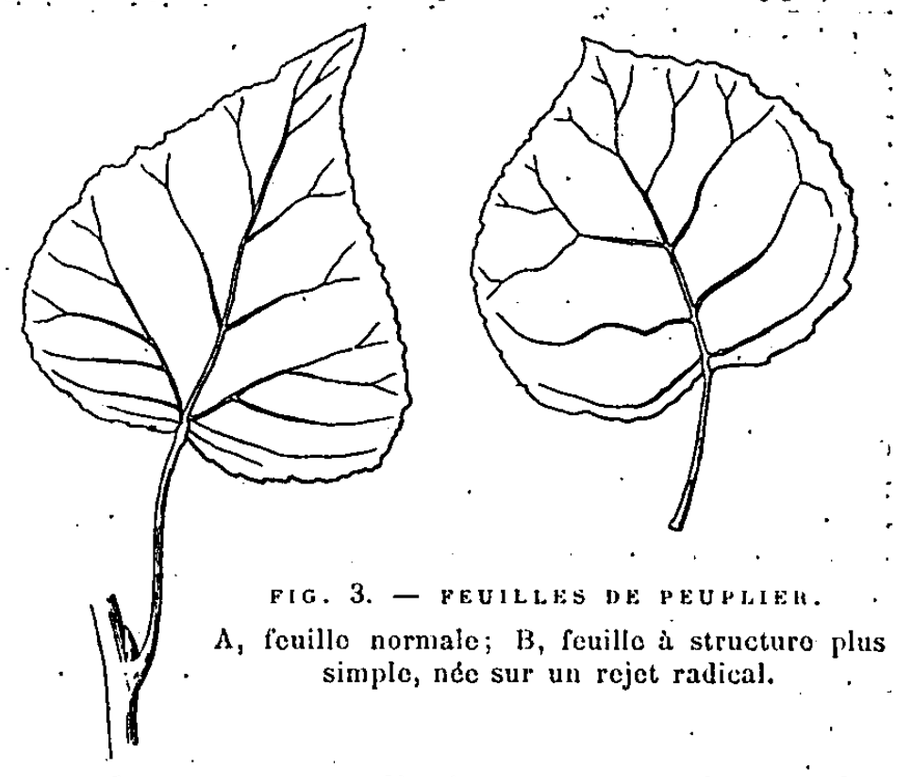


FIG. 3. — FEUILLES DE PEUPLIER.

A, feuille normale ; B, feuille à structure plus simple, née sur un rejet radical.

outre des rameaux ordinaires, nés aux dépens des tiges précédemment constituées, des rejets feuillés se formant sur les racines. Ce sont ces tiges radicales que M. Dubard vient d'étudier[1], s'attachant surtout à les comparer, au point de vue de leur morphologie externe et interne, aux tiges normales.

L'auteur est amené à distinguer deux groupes de végétaux parmi ceux qui présentent des bourgeons radicaux ; un premier comprend d'une part les plantes chez lesquelles ces bourgeons ne se développent qu'exceptionnellement, dans des cas de nécessité absolue, à la suite de traumatismes, les rejets qui en résultent constituant de véritables régénérations, d'autre part les végétaux ligneux qui développent des bourgeons radicaux amenant la formation de rejets importants ; chez toutes les plantes de ce premier groupe les tiges radicales restent stériles et elles présentent toujours une organisation très inférieure, ainsi que les feuilles qu'elles portent (comparer les deux feuilles de la figure ci-contre, l'une correspondant à une tige ordinaire de *Populus nigra*, l'autre plus simple à un rejet radical de la même espèce).

Le second groupe, beaucoup moins riche en espèces, est relatif aux plantes où les rejets radicaux apparaissent au contraire avec une plus grande différenciation ; c'est le cas du *Linaria vulgaris*, où ceux-ci se constituent de très bonne heure et subsistent bientôt seuls, par suite de la disparition de la tige principale.

Comme le fait remarquer M. Dubard, on se trouve en présence, pour expliquer les différences qui existent entre la structure des deux sortes de tiges dans une même espèce, d'hypothèses variées ; la nutrition n'est évidemment pas la même dans les deux cas, surtout quand on s'adresse aux plantes de la première catégorie ; l'hérédité peut d'autre part intervenir dans les phénomènes de régression présentés par les rejets des racines ; il est difficile actuellement, en n'ayant recours qu'à la seule

1. *Recherches sur les plantes à bourgeons radicaux*, thèse, 1903.

observation, de déterminer la part de ces différents facteurs.

Tératologie et traumatisme.

C'est le titre que j'ai donné à une note [1] relative à une malformation observée chez deux plantes de la famille des Composées, le *Matricaria inodora* et le *Senecio Jacobœa*. Dans les deux cas les différentes fleurs constituant un capitule étaient elles-mêmes transformées en des capitules secondaires, réalisant ainsi un mode jusqu'ici inconnu de duplicature.

Mais ces faits semblent me présenter surtout un certain intérêt en ce qu'on peut les rapporter à une cause traumatique, amenant secondairement un trouble dans les fonctions de nutrition; pour le *Matricaria* c'était un écrasement précoce de la tige florifère, pour le *Senecio* c'était la présence de nombreuses larves d'un Curculionide minant le rhizome et les tiges aériennes et détruisant ainsi tout le tissu de réserve de la plante.

J'ai eu antérieurement l'occasion d'attirer l'attention sur des cas de duplicature provoqués par des parasites; la cause initiale de ces déviations morphologiques de la fleur peut donc être variée, mais elles paraissent toujours résulter d'une manière immédiate de troubles dans la nutrition de la plante.

Il est assez curieux de rapprocher ces phénomènes présentés par des plantes supérieures de ceux que nous avons décrits, M. Coupin et moi [2], chez le *Sterigmatocystis nigra*, cultivé sur des liquides privés de potassium; le champignon offre dans ses appareils sporifères une prolifération très comparable à celle que je viens de rappeler pour les capitules de deux espèces de Composées et produite encore par une nutrition défectueuse.

M. MOLLIARD,
Maître de conférences de Botanique
(Sorbonne).

AGRONOMIE

Utilisation de l'azote atmosphérique. Découverte de M. le Dr A. Franck. Expériences de MM. Gerlach et Wagner.

Les plantes, dont la culture fait l'objet de l'industrie agricole, ont besoin, pour constituer leurs tissus, de puiser dans le sol où elles végètent des quantités considérables d'azote. Or cet élément est fort peu répandu dans les terres arables où on en rencontre rarement plus de 3 p. 1 000. Souvent il fait défaut ou tout au moins existe en proportions insuffisantes (moins de 1 p. 1 000. On remédie à cet inconvénient par l'apport d'engrais azotés: fumier de ferme, nitrate de soude, sulfate d'ammoniaque, etc., dont le prix est relativement élevé. Aussi, depuis longtemps, les agronomes cherchent-ils à tirer parti des quantités énormes d'azote que renferme l'inépuisable réservoir de l'atmosphère.

L'utilisation de l'azote de l'air préoccupe d'autant plus les chimistes agricoles que, tandis que la consommation des nitrates croît d'année en année, — elle s'est élevée de 800 tonnes en 1830 à 1 355 000 tonnes en 1902, — les gisements du Chili, d'où ils proviennent en presque totalité, menacent de s'épuiser. La France seule importe annuellement plus de 200 000 tonnes de nitrate de soude du Chili dont la valeur dépasse 50 millions de francs. Ces chiffres montrent quel puissant intérêt s'attache à cette question.

On a pu croire le problème résolu, il y quelques années, après l'importante découverte de M. Berthelot. L'éminent chimiste avait en effet reconnu que la terre peut, par une action microbienne, s'enrichir en azote aux dépens de l'atmosphère. Peu de temps après MM. Hellriegel et Wilfarth, en Allemagne, montrèrent le déterminisme de cette fixation. Elle s'opère grâce aux bactéries (bacillus radicollus) qui pullulent dans les nodosités qu'on observe sur les racines des légumineuses : trèfle, luzerne, etc. On s'explique alors le rôle améliorant de ces plantes qui enrichissent en azote le sol sur lequel on les cultive. On comprit aussi comment il se fait que la teneur en azote de la terre des prairies puisse croître alors qu'elle cède aux récoltes annuelles d'énormes quantités de cet élément.

L'idée d'utiliser ces micro-organismes vient naturellement à l'esprit. M. Bréal ayant montré qu'on pourrait inoculer une légumineuse en piquant ses racines avec une aiguille qu'on a au préalable enfoncée dans les nodosités d'un pied de la même espèce, les chimistes allemands essayèrent d'ensemencer le sol destiné à la culture du trèfle, de la luzerne, du sainfoin ou de toute autre légumineuse avec des cultures pures de bactéries vivant sur la même espèce. Il suffisait, pour cela, de mélanger à de la terre fine la « nitragine », c'est le nom qu'on a donné aux cultures sur gélatine, et de répandre ensuite, comme on sème à la volée, cette terre sur le champ à ensemencer.

Le résultat de ces expériences n'a pas été aussi concluant qu'on l'avait espéré. La récolte obtenue sur les parcelles ainsi traitées n'est pas sensiblement supérieure à celle fournie par des surfaces témoins identiques. Quelques auteurs cherchent à expliquer les échecs obtenus par le défaut d'inoculation des sols. M. Mazé a, en effet, montré que l'association de deux bactéries est nécessaire pour qu'il y ait production d'une certaine mucosité, condition *sine qua non* de la fixation de l'azote. Ces espèces ne se développent qu'autant qu'elles trouvent à leur portée les hydrates de carbone dont elles se nourrissent. Ces hydrates de carbone sont eux-mêmes fabriqués par d'autres bactéries dont la présence est dès lors indispensable. M. P.-P. Dehérain, le savant professeur de l'École de Grignon que la mort vient de ravir à ses élèves, pensait que les microbes fixateurs d'azote sont suffisamment répandus et qu'il est inutile de se préoccuper de leur ensemencement, mais que l'attention doit se porter sur les conditions de leur développement. Peut-être arrivera-t-on dans cette voie à un résultat pratique,

1. *Revue générale de Bot.*, août 1903.
2. Formes tératologiques présentées par le *Sterigmatocystis nigra* privé de potassium. *Comptes rendus Acad. Sc.*, juillet 1903.

mais il faut bien constater, quel que soit d'ailleurs l'intérêt de ces recherches, que jusqu'ici un seul moyen s'offre à nous de fixer, par l'intermédiaire de ces microbes, l'azote atmosphérique : c'est la culture des légumineuses telle qu'on la pratique depuis longtemps.

La chimie pure vient de fournir une nouvelle solution de la question. Elle a permis de fabriquer aux dépens de l'azote de l'air un engrais dont l'efficacité est en tout point comparable à celle des meilleurs engrais connus.

Au dernier congrès international de chimie qui s'est tenu à Berlin le 3 juin passé, M. le Dr A. Franck a communiqué les résultats de ses recherches relativement à la fabrication d'un composé chimique pouvant être utilisé comme engrais. Si on maintient à la température du four électrique du carbure de calcium, ou plus simplement un mélange de charbon et de chaux dans les proportions où ces éléments se rencontrent dans le carbure, en contact avec de l'air dépouillé de son oxygène, il se produit une combinaison dont le résultat est la formation d'un cyanamide de calcium. A l'état de pureté le corps renferme 35 p. 100 de son poids d'azote. Le produit industriel se présente, broyé, sous forme d'une poudre noire dosant de 15 à 25 p. 100 d'azote. Ce cyanamide traité par la vapeur d'eau surchauffée se décompose aisément, l'azote qu'il contient se transformant en ammoniaque, qu'on peut fixer à l'état de sulfate.

MM. le Dr Gerlach et P. Wagner ont entrepris, à la station de Darmstadt et au champ d'expériences de Ermsthoffen, une série d'expériences sur l'action fertilisante qu'exerce ce composé qu'ils ont proposé de nommer « azote-chaux » et qui est fabriqué industriellement par une société berlinoise. Ils ont reconnu qu'il est inoffensif, même lorsqu'on l'emploie à dose massive (400 kilogr. d'azote à l'hectare) sur des cultures d'avoine, d'orge et de moutarde blanche. Il exerce sur la végétation une action aussi heureuse que le nitrate de soude et peut-être plus rapide encore. Toutefois il est nécessaire de l'enterrer aussitôt répandu. Employé en couverture, il est bien moins efficace. Ce résultat s'explique par la perte d'azote sous forme ammoniacale qui s'effectue dans ce cas. Le cyanamide donne effectivement, au contact de l'eau, de l'ammoniaque qui tend à se volatiliser. Aussi Wagner estime-t-il qu'il serait préférable de transformer le cyanamide en sulfate d'ammoniaque avant de l'employer.

Quel est l'avenir réservé à cet engrais? On ne saurait se prononcer à cet égard avant d'en connaître le prix de revient. Le kilogramme d'azote vaut actuellement (nitrate de soude, sulfate d'ammoniaque) de 1 fr. 50 à 1 fr. 60. L'azote-chaux ne se répandra qu'autant qu'il sera cédé à un prix inférieur ou au plus égal. Le problème chimique est résolu, ce n'est plus maintenant qu'une question économique, et tout porte à croire qu'elle recevra une solution satisfaisante.

L'agriculture au Parlement.

Les droits de douane sur le bétail vivant et les viandes abattues viennent d'être relevés. Cette mesure s'imposait-elle par l'importance et l'accroissement des importations? En aucune façon. Des règlements sanitaires s'opposaient à l'entrée des animaux de la plupart des pays susceptibles de nous en envoyer.

En fait la France n'a reçu de l'étranger en 1902 que :

20 000 kilogr. de viande fraîche.
44 000 kilogr. de viandes salées.

Cependant les maladies contagieuses ayant été enrayées chez nos voisins et notamment en Italie, nous ne pouvions plus « jouer du prétexte de la question sanitaire », pour employer l'expression même d'un de nos parlementaires.

Les députés ont pensé que l'élevage national n'était pas suffisamment protégé et ils ont voté, sur la proposition de M. Debussy, une majoration des droits de douane que le Sénat a adoptée après quelques velléités de résistance.

Il eût été difficile, d'ailleurs, de s'y opposer dans les circonstances présentes.

Les partisans du projet n'ont pas manqué de faire observer, en effet, que les principales puissances : l'Allemagne, l'Italie, l'Autriche-Hongrie, ont augmenté leurs taxes douanières au point où elles deviennent prohibitives et qu'il est dès lors légitime de majorer les nôtres. Cela est même nécessaire car, ajoutait-on, nous avons à lutter contre ces régions qui, comme le Canada, les États-Unis, la République Argentine, ont une surproduction. Au surplus, l'élevage français est en état de subvenir pleinement à notre consommation intérieure; c'est ce qu'a fait remarquer au Sénat M. Viger, qui n'a pas eu de peine à rassurer ceux de ses collègues qui craignaient qu'à la suite de cette élévation des droits une hausse notable de la viande se produisît.

Bref, le tarif unique de 10 fr. par 100 kilos de poids vif a été fixé à 20 fr. (tarif minimum) et 30 fr. (tarif maximum) pour les vaches, les bœufs, les taureaux, etc.

Pour les moutons il s'est élevé de 15 fr. 50 à 30 fr. (tarif minimum) et à 45 fr. (tarif général).

Le droit d'entrée de 25 fr. établi sur les viandes fraîches a été porté à 35 fr. (tarif minimum) et 50 fr. (tarif général), etc. C'est en somme une augmentation des taxes d'environ 100 p. 100.

Nous avons été entraînés par le courant qui emporte les grandes puissances vers le nationalisme économique qui, pour permettre le développement d'une industrie régionale, entrave la production et diminue la richesse générale.

Et déjà l'on peut prévoir les inconvénients prochains d'un tel mouvement pour notre pays. L'éleveur français sera sous peu, s'il ne l'est déjà, obligé de songer à l'exportation. Il se heurtera alors à des barrières infranchissables constituées par les droits d'entrée.

Aussi est-il profondément regrettable de constater que la tendance protectionniste se généralise de jour en jour et que l'Angleterre elle-même, la terre classique du libre-échange, prête une oreille trop bienveillante aux projets de zollverein de M. Chamberlain.

LÉON GIZOLME,
Ingénieur-agronome,

PHOTOGRAPHIE

Augmentation de la stabilité des préparations bichromatées.

Les mélanges de substances colloïdes et de bichromates alcalins se conservent très mal : leur insolubilisation qui se produit rapidement à la lumière, se produit aussi, bien que plus lentement, à l'obscurité. C'est là un inconvénient assez sérieux des procédés de tirage basés sur les propriétés de ces mélanges : procédé dit au charbon ; gomme bichromatée, etc.

M. R. Namias, dans une communication au Congrès de chimie appliquée de Berlin, a indiqué le résultat d'intéressantes recherches qu'il a faites dans le but d'augmenter la stabilité de ces mélanges. Il a essayé en particulier l'addition de sels alcalins à acides organiques, notamment l'acétate, le succinate, le tartrate, le lactate, l'oxalate de sodium. Au lieu de sensibiliser le papier au charbon dans une solution simple de bichromate, il le sensibilisait dans une solution de bichromate à 3 p. 100, additionnée de 2 à 3 p. 100 d'un des sels énumérés ci-dessus. Quelques-uns de ces sels, les acétates et les succinates, ne manifestent aucune action sensible, ni comme préservateurs, ni comme accélérateurs de l'altération. D'autres, les tartrates et surtout les lactates, exerçant une action réductrice considérable sur le bichromate, hâtent l'altération ; les lactactes semblent jouer le rôle de sensibilisateurs, c'est-à-dire ont accéléré l'action de la lumière. Les oxalates et les citrates neutres, au contraire, agissent comme conservateurs très efficaces.

Dans un travail antérieur, le professeur Namias a fait remarquer que l'action des chromates et bichromates sur la gélatine est double : action oxydante et action tannante. L'action tannante est produite par le chromate de chrome provenant de la réduction, à la lumière, des chromates ou bichromates. Or le même phénomène qui se produit à la lumière doit se produire, bien que dans une mesure beaucoup plus faible, à l'obscurité. D'autre part, les sels de chrome à acide organique n'exercent pas une action insolubilisante sensible sur la gélatine.

De ces diverses considérations et recherches, M. Namias tire les conclusions suivantes :

1° Les sels alcalins à acide organique doués d'un pouvoir réducteur modéré sur les bichromates attirent surtout sur eux l'action oxydante qui se produit pendant la conservation.

2° Les sels alcalins à acide organique capables de décomposer le chromate de chrome pour donner du chromate alcalin et du sel de chrome à acide organique, s'opposent à l'action tannante qui pourrait se produire pendant la conservation. C'est le cas des citrates et oxalates qui, s'ils ne sont pas en quantité très considérable, peuvent, à l'exposition à la lumière, retarder un peu l'impression, mais ne l'empêchent pas : il se produit en effet des chromates de chrome très basiques doués d'un pouvoir insolubilisant très énergique et qui ne sont pas décomposés par les citrates ou oxalates alcalins.

G.-H. NIEWENGLOWSKI.

Revue des Applications des Sciences

Les Aéromoteurs.

Le moulin à vent, apporté en Europe au Xe siècle par les Croisés a été exclusivement appliqué jusqu'à ces derniers temps à la mouture du blé. Ce n'est qu'en 1836 qu'un ingénieur français, M. Amédée Durand, proposa de perfectionner cet appareil jusqu'alors rudimentaire, en rendant son orientation et son réglage automatiques, et de l'appliquer aux divers besoins de l'agriculture : élévation de l'eau, irrigations, desséchement des terrains marécageux, submersion des vignes, etc.

Ces applications ne se développèrent que lentement en France, tandis qu'en Amérique, les moulins automoteurs allaient, au contraire, en se multipliant. Toutefois on tend à regagner maintenant ce retard et il existe actuellement dans notre pays de nombreuses installations de moteurs à vent fournissant économiquement une grande quantité d'énergie.

Ces moteurs diffèrent entre eux par les moyens de réglage employés pour conserver à la roue motrice la constance de sa vitesse de rotation, malgré les variations du vent. L'orientation est obtenue automatiquement par une girouette, vaste surface placée à l'arrière, et qui ramène constamment le moulin face au vent.

La forme généralement adoptée pour ces moulins est celle d'une roue circulaire, formée d'une série de palettes ou de lamelles montées sur une armature polygonale métallique. Ces palettes sont en bois ou en acier. La roue est supportée sur un pivot vertical ou un plateau, et peut se tourner vers tous les points de l'horizon. La transmission du mouvement de rotation de l'arbre sur lequel la roue est

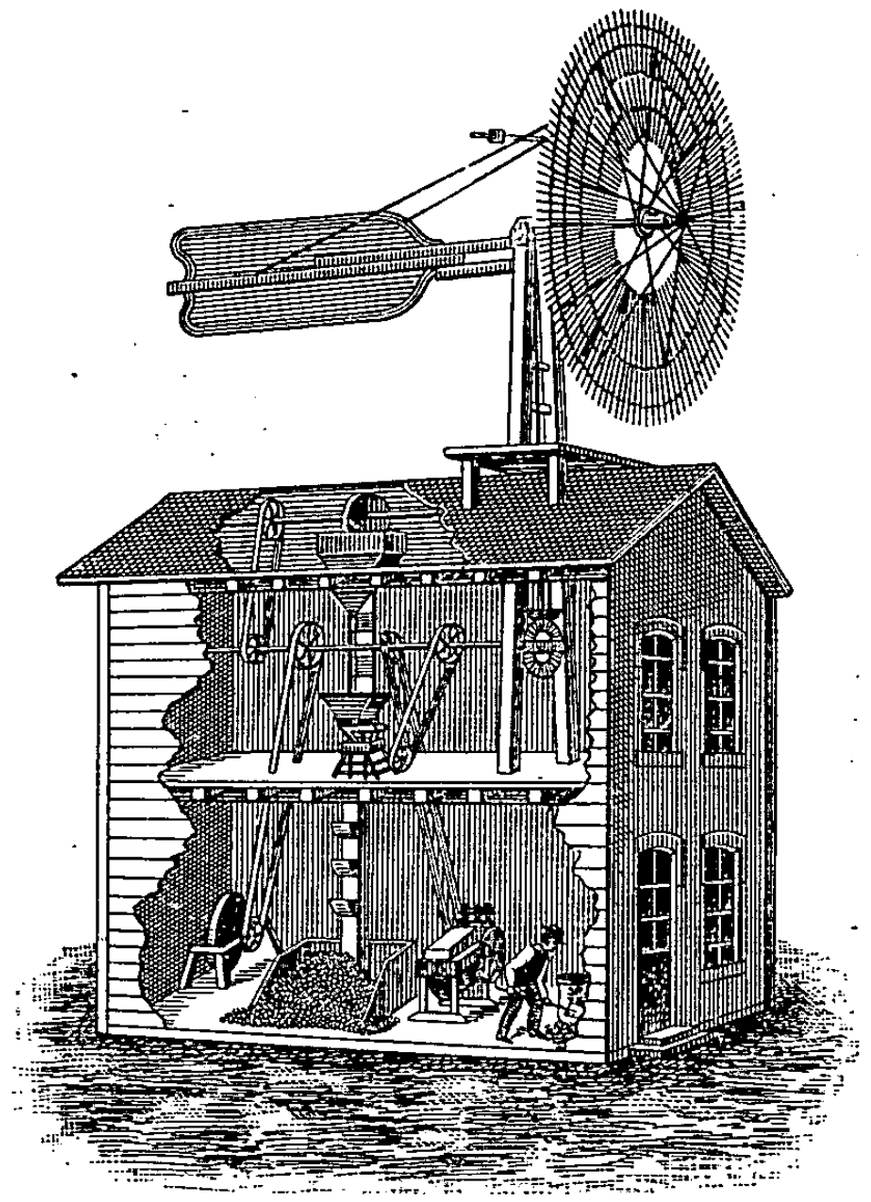


FIG. 1. — COUPE D'UNE MINOTERIE ACTIONNÉE PAR UN AÉROMOTEUR HALLADAY, COMMANDANT LES DIVERS APPAREILS DE MOUTURE.

calée s'opère, soit par une tringle qui communique aux appareils à actionner un mouvement alternatif, soit par un train d'engrenages d'angle transmettant un mouvement circulaire continu à un arbre horizontal sur lequel sont montées les poulies de commande des machines.

Telles sont les dispositions générales des moulins à vent automoteurs du type dit « corcoran ». Toutefois les procédés employés pour assurer la constance de la vitesse et permettre au mécanisme de résister aux bourrasques violentes et aux coups de vent subits, varient avec les constructeurs. Nous en donnerons une courte description, de manière à faire saisir les différences existant entre les principaux systèmes actuellement en usage en France.

Moulin Halladay. — Un poids (fig. 2 et 3) est disposé à l'extrémité de chacune des six tringles à équerre intercalées entre les lamelles de la roue. Sous l'action de la force centrifuge qui se développe pendant la rotation, ces poids tendent à s'éloigner de l'arbre autour duquel ils tournent, en entraînant les

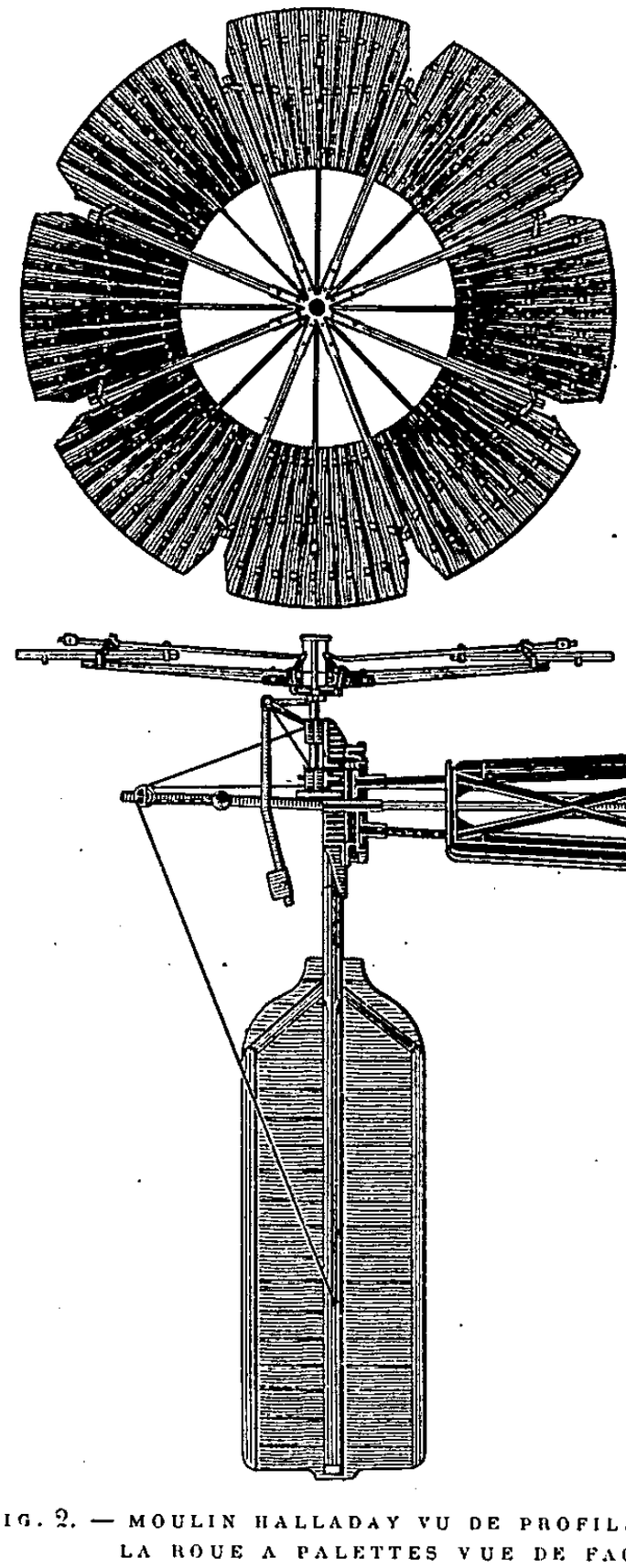


FIG. 2. — MOULIN HALLADAY VU DE PROFIL. A DROITE, LA ROUE A PALETTES VUE DE FACE.

tringles qui commandent le mouvement des lamelles. Celles-ci pivotent sur elle-même et s'inclinent sur l'arbre et se présentent plus ou moins obliquement à l'action du vent. Pour que cet effet ne se produise

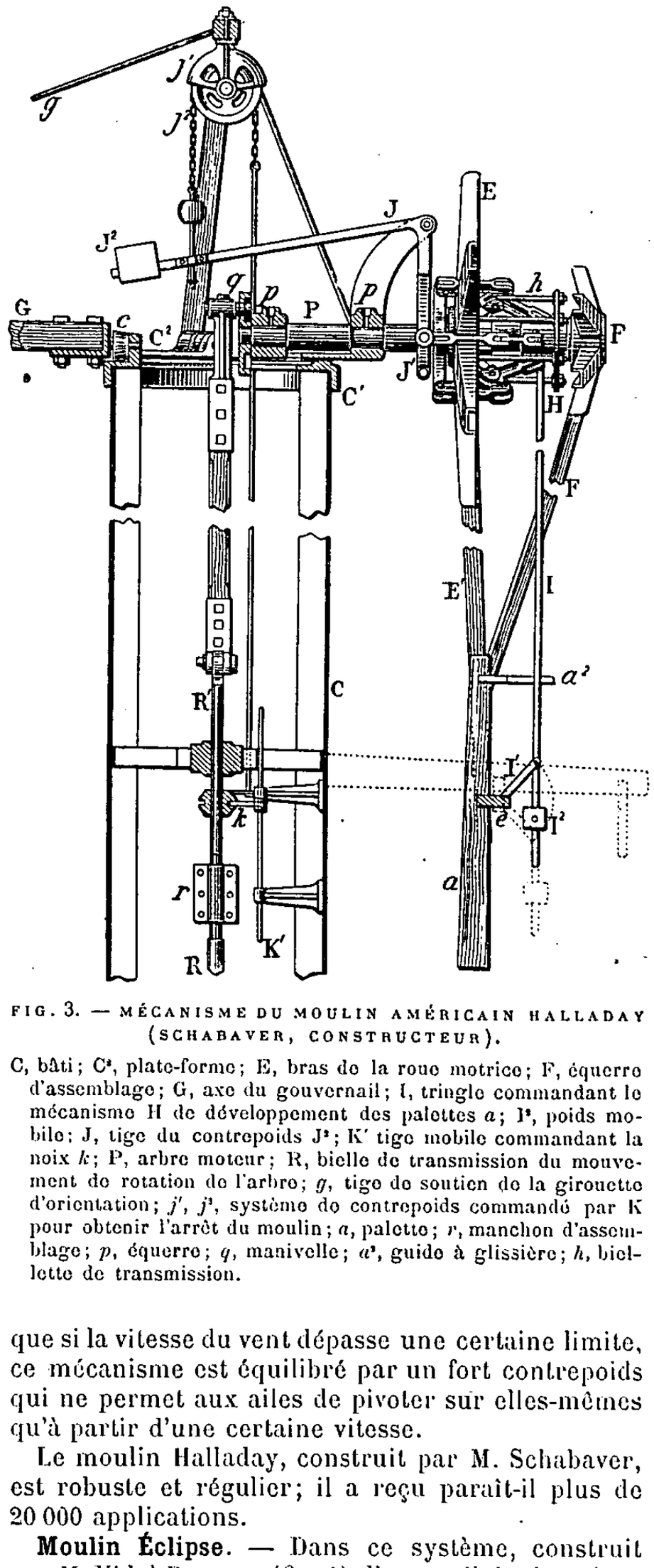


FIG. 3. — MÉCANISME DU MOULIN AMÉRICAIN HALLADAY (SCHABAVER, CONSTRUCTEUR).

C, bâti; C², plate-forme; E, bras de la roue motrice; F, équerre d'assemblage; G, axe du gouvernail; I, tringle commandant le mécanisme H de développement des palettes *a*; I², poids mobile; J, tige du contrepoids J²; K' tige mobile commandant la noix *k*; P, arbre moteur; R, bielle de transmission du mouvement de rotation de l'arbre; *g*, tige de soutien de la girouette d'orientation; *j'*, *j²*, système de contrepoids commandé par K pour obtenir l'arrêt du moulin; *a*, palette; *r*, manchon d'assemblage; *p*, équerre; *q*, manivelle; *a²*, guide à glissière; *h*, biellette de transmission.

que si la vitesse du vent dépasse une certaine limite, ce mécanisme est équilibré par un fort contrepoids qui ne permet aux ailes de pivoter sur elles-mêmes qu'à partir d'une certaine vitesse.

Le moulin Halladay, construit par M. Schabaver, est robuste et régulier; il a reçu paraît-il plus de 20 000 applications.

Moulin Éclipse. — Dans ce système, construit par M. Vidal Beaume (fig. 4), l'appareil de désorientation consiste en une surface ou vanne régulatrice, disposée sur le même plan que la roue motrice, et dont les mouvements sont contre-balancés par un contrepoids ayant pour but de ramener constamment la roue face au vent quand elle a été désorientée. Lorsque le vent s'accroît et menace d'atteindre une impétuosité dangereuse pour la sécurité du moulin, la vanne oblige la roue tout entière à s'obliquer et même à prendre une position parallèle à celle du gouvernail d'orientation, ce mouvement

étant obtenu par le jeu de deux secteurs dentés. Le moulin n'a plus rien à craindre alors de la tempête puisqu'il ne présente plus que sa surface minimum. En fait, l'allure du moulin l'*Éclipse* est très régulière, et la solidité de l'ensemble est très remarquable. La transmission peut s'effectuer par bielle ou par roues dentées suivant la nature des appareils à actionner.

Moulin américain *Star*. — Ce moteur est construit entièrement en acier. Les ailes, de forme calculée, sont montées sur deux cercles, reliés au moyeu par six bras légers. L'orientation est obtenue par le jeu d'un vaste gouvernail commandant le mouvement d'effacement de la roue en cas de vent subit. Comme dans le type précédent, le moulin *Star* peut être muni d'une transmission à mouvement

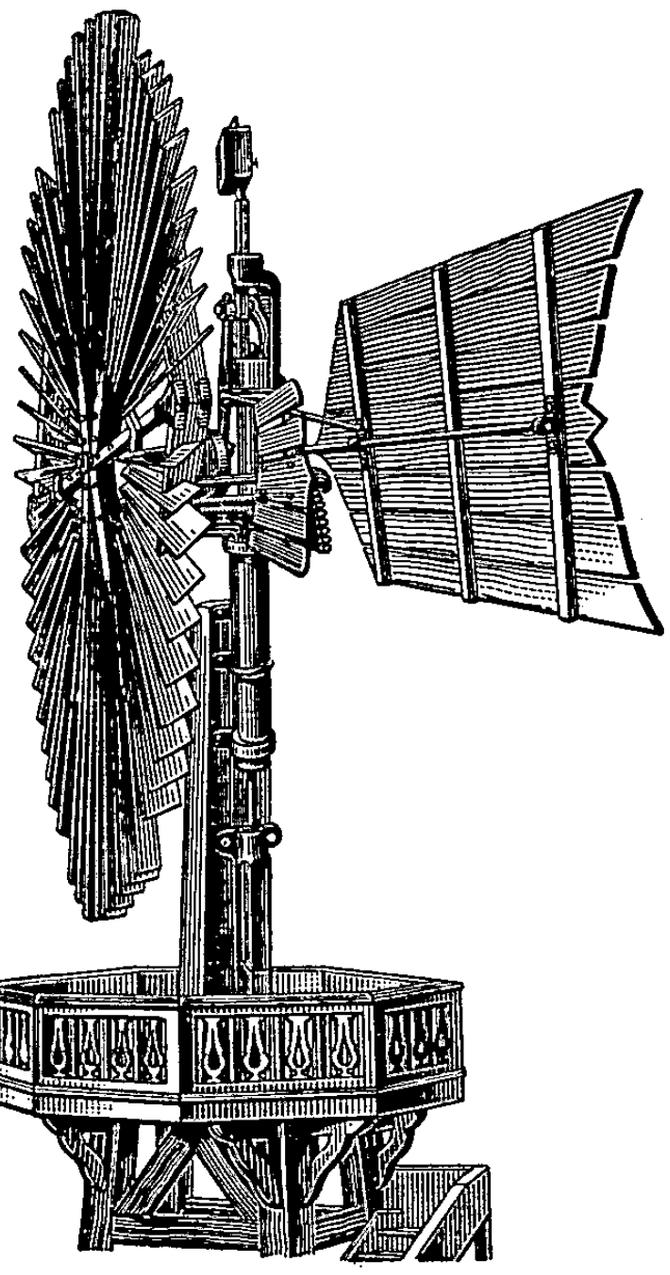


FIG. 4. — MOULIN AUTOMOTEUR « ÉCLIPSE » DE BEAUME AVEC SA ROUE S'EFFAÇANT SOUS LA TEMPÊTE. COMMANDE A MOUVEMENT ALTERNATIF.

alternatif ou à mouvement rotatif par engrenages d'angle.

Aermoteur *Hercule*. — Nous pourrions encore décrire les moulins à vent automoteurs construits en France par Anceaux, Durey-Sohy, Plissonnier, Rossin, Allaire de Niort, etc. mais il faut nous borner, les explications précédentes suffisant à rendre compte des procédés employés avec quelques variantes pour assurer un réglage et une orientation automatiques, et permettre aux appareils de résister aux tempêtes sans être démolis ou emportés. Nous ne ferons qu'une exception pour l'*Aermoteur* de M. Bruneau d'Oran (fig. 5).

Les ailes, dans cet appareil, sont composées de voiles triangulaires fixées, suivant un de leurs côtés, sur les bras d'une étoile à six branches. La pointe libre de chaque voile est attachée à un cordeau passant dans la gorge d'une poulie puis à l'intérieur de l'axe de rotation qui est creux, pour venir s'attacher à un contrepoids composé d'une série de rondelles, en plus ou moins grand nombre suivant la résistance que l'on veut donner au moulin. Le rôle de ce

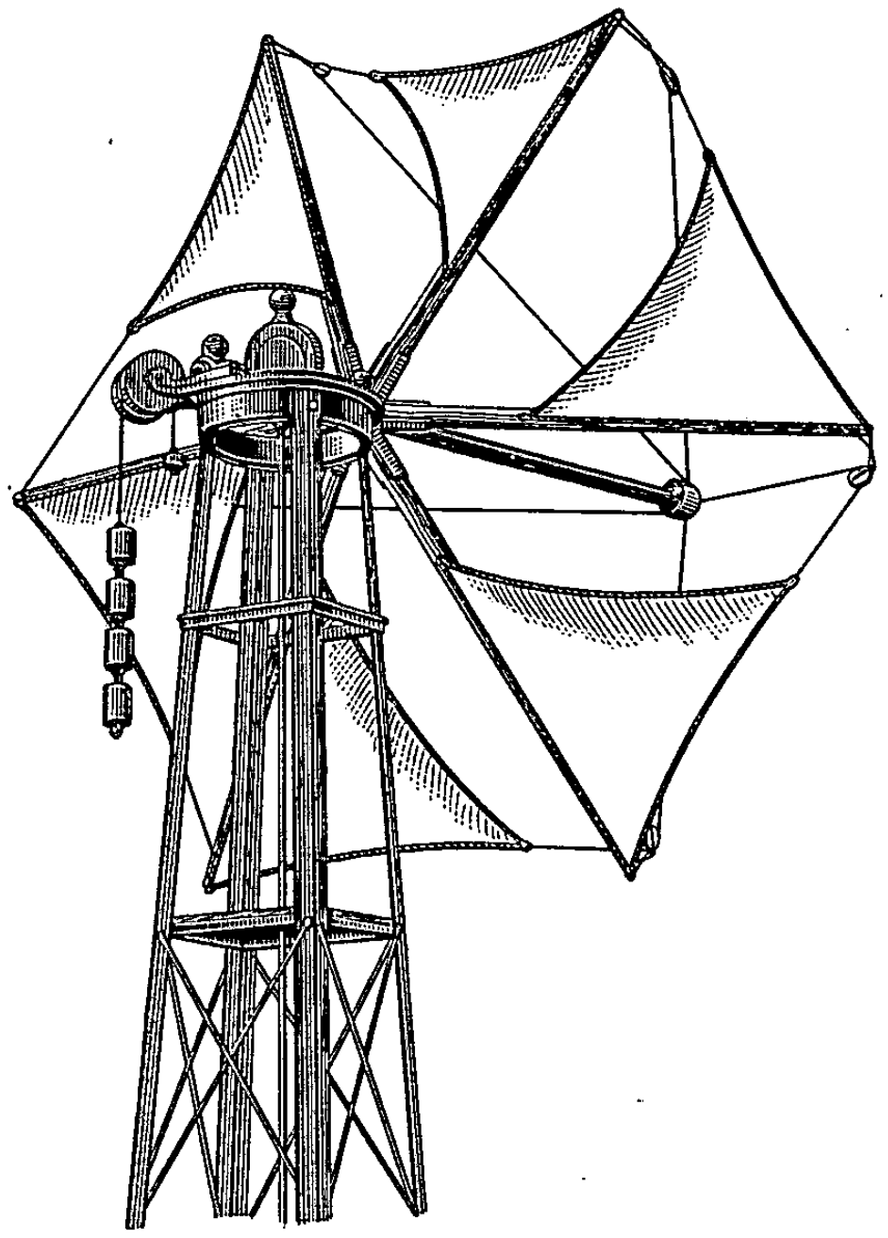


FIG. 5. — AERMOTEUR SYSTÈME BBUNEAU.

contrepoids régulateur est facile à saisir : l'appareil étant en marche, s'il survient une rafale les voiles cèdent sous la pression exercée sur elles par le vent, tirent sur les cordes et obligent le contrepoids à remonter. La surface utile diminue et l'aermoteur continue à tourner avec la même vitesse. La bourrasque une fois passée, le poids, en redescendant, agit en sens inverse sur les cordes et ramène les extrémités des voiles à leur position primitive sans que la force disponible ait sensiblement varié durant ces manœuvres.

La disposition des voiles permet à l'appareil de s'orienter de lui-même sans gouvernail; un excentrique placé sur l'arbre ou un train d'engrenages à pignons assurent la transmission, enfin une traction opérée depuis le sol, à l'aide d'un fil de fer sur un contrepoids spécial, suffit pour obtenir l'arrêt.

Tels sont les principaux systèmes de moteurs à vent usités en France et dont les applications ont été se multipliant dans ces dernières années. Mais, il ne faut pas oublier que ces machines sont avant tout des moteurs agricoles dont l'emploi n'est pratique et économique que dans les plaines bien aérées où le vent souffle presque constamment d'un bout de l'année à l'autre.

H. DE GRAFFIGNY.

Emploi de l'alcool dénaturé pour l'éclairage.

Observations générales. — On a vu, nos 8 et 9, que l'alcool fournit une excellente solution pour les lanternes à projections, et même, avec la lampe Denayrouse (fig. 1), pour les foyers destinés aux agrandissements photographiques : La lumière oxyhydrique, la lampe à pétrole à mèches multiples et même, dans la plupart des cas, l'arc voltaïque, doivent céder le pas à l'incandescence par l'alcool au point de vue de la chaleur dégagée qui détériore les clichés projetés, et qui est moindre avec l'alcool; de la commodité et du prix de revient.

De ce qui précède on peut conclure, en ce qui concerne l'éclairage à l'alcool, dénaturé ou non :

1° Que l'emploi du manchon Auer diminue dans une très forte proportion la dépense de combustible, pour une même intensité de lumière : de 7 gr. d'alcool carburé par bougie-heure avec la flamme libre, on tombe à moins de 1 gramme avec le manchon;

2° Que le poids d'alcool dénaturé consommé dans un bec à manchon Auer est notablement plus grand, *par bougie-heure*, que le poids correspondant d'alcool carburé : le rapport de ces poids, dans des lampes de même espèce, est variable entre 1,65 et 2,1; le rapport entre le prix de l'alcool carburé et le prix de l'alcool dénaturé est seulement égal à 1,4 : il y aurait donc actuellement économie à employer l'alcool carburé, dans des becs appropriés;

3° Le rendement des becs est d'autant meilleur que leur intensité est plus grande;

4° Le rendement d'un même bec croît avec la pression du gaz d'alcool, mais avec cette pression naît un sifflement désagréable, particulièrement sensible dans les foyers de très grande intensité;

5° La lumière est d'autant plus blanche que la pression est plus forte et que les dimensions du manchon sont plus faibles, en un mot que la quantité de chaleur qu'il reçoit par unité de surface est plus grande.

La blancheur de la lumière correspond en général aux rendements élevés.

Comme prix de revient de la bougie-heure, il faut considérer que les foyers intensifs consomment 0,53 gr. d'alcool carburé, soit, à 45 fr. l'hectolitre, 0,0285 centimes, ou bien s'ils sont au gaz de ville, et à manchon Auer, 1 litre de gaz par bougie-heure. Il y a donc avantage à employer l'alcool carburé, qui n'exige ni conduites, ni compteur, et dont les foyers sont mobiles, sile prix du gaz de ville est supérieur à 28,5 centimes par mètre cube.

Pour les becs de plus faible puissance, les lampes d'appartement, par exemple, dont la consommation en alcool carburé par bougie-heure est notablement plus forte que dans les becs puissants, l'alcool carburé ne serait actuellement à préférer au gaz, au point de vue unique du coût du combustible, que là où le prix du gaz de ville serait très élevé.

Là où le gaz de ville n'existe pas, à égalité de lumière fournie, l'alcool carburé et même l'alcool dénaturé ordinaire semblent l'emporter sur tous leurs rivaux, huile, pétrole, non seulement au point de vue de l'économie et de la propreté, mais aussi en raison de l'absence de toute fumée, de toute odeur désagréable et de tout suintement à l'extérieur des lampes; l'huile et le pétrole tachent, les alcools dégraissent.

L'éclairage à l'alcool n'attend plus, pour prendre le développement que doivent lui assurer les avantages qu'il présente, qu'un abaissement du prix de l'alcool, dont la prochaine campagne, d'après les prévisions, nous marquera le début. L'Administration, il faut l'espérer, voudra contribuer à cet abaissement en réduisant, selon le vœu du Congrès de 1903, les frais de dénaturation de l'alcool. Et cet espoir semble d'autant plus légitime que le gouvernement vient de montrer tout l'intérêt qu'il prend à cette question de l'alcool, en présentant à la Chambre des députés, qui l'a adopté, un projet de loi relatif aux récompenses à décerner à l'occasion des diverses manifestations entreprises pour généraliser en France les emplois industriels de l'alcool.

C. JANVIER.

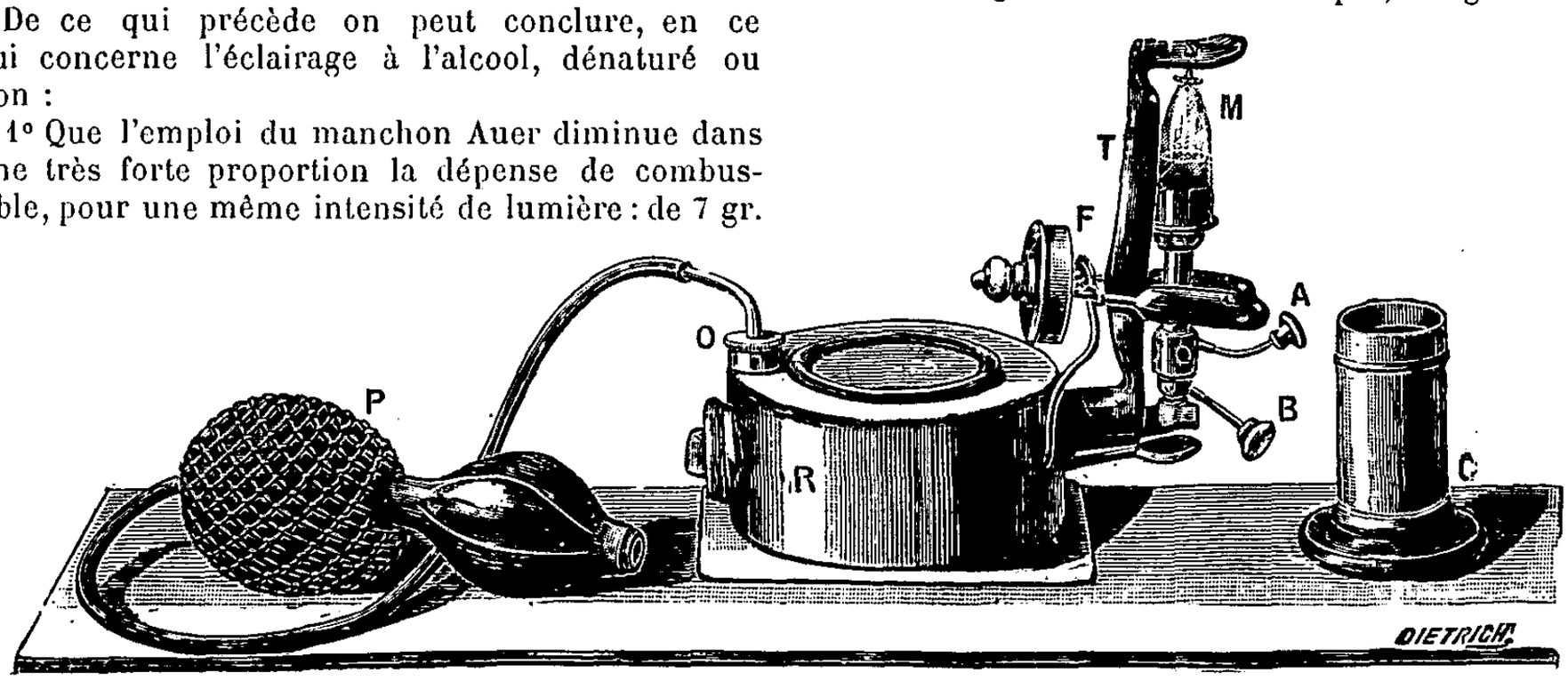


FIG. 1. — LAMPE DENAYROUSE, POUR PROJECTIONS ET AGRANDISSEMENTS.

R, réservoir à alcool ($\frac{1}{4}$ de litre), pour 3 h. ou 4 h. — T, potence de récupération. — F, topette double, en place pour l'allumage. — A, tige de réglage d'arrivée de l'air. — B, tige de réglage d'arrivée du gaz d'alcool. — C, récipient de la topette.

Intensité indiquée : 200 bougies.

Bulletin Météorologique.

Octobre 1903.

Le mois d'octobre a été extrêmement pluvieux dans tout l'ouest de l'Europe. A Paris, la quantité d'eau recueillie, 80 mm. 6, est supérieure de 17 mm. à la normale; l'excès n'est pas, à vrai dire, bien considérable et depuis l'origine des observations météorologiques de Paris, on en trouve un assez grand nombre de plus importants : en 1896, on a recueilli 159 mm. d'eau, c'est le maximum mensuel à Paris. C'est surtout par la fréquence des jours pluvieux que le mois a été remarquable : dans tout le mois, il n'y a eu que deux jours (le 19 et le 24) qui n'ont été marqués par aucune précipitation; il a plu tous les autres jours plus ou moins abondamment; notons cependant que pour cinq journées la quantité d'eau recueillie n'a pas dépassé 0 mm. 1. La nébulosité a été considérable et par suite l'éclairement très faible; le soleil n'a brillé que pendant quatre-vingt-onze heures.

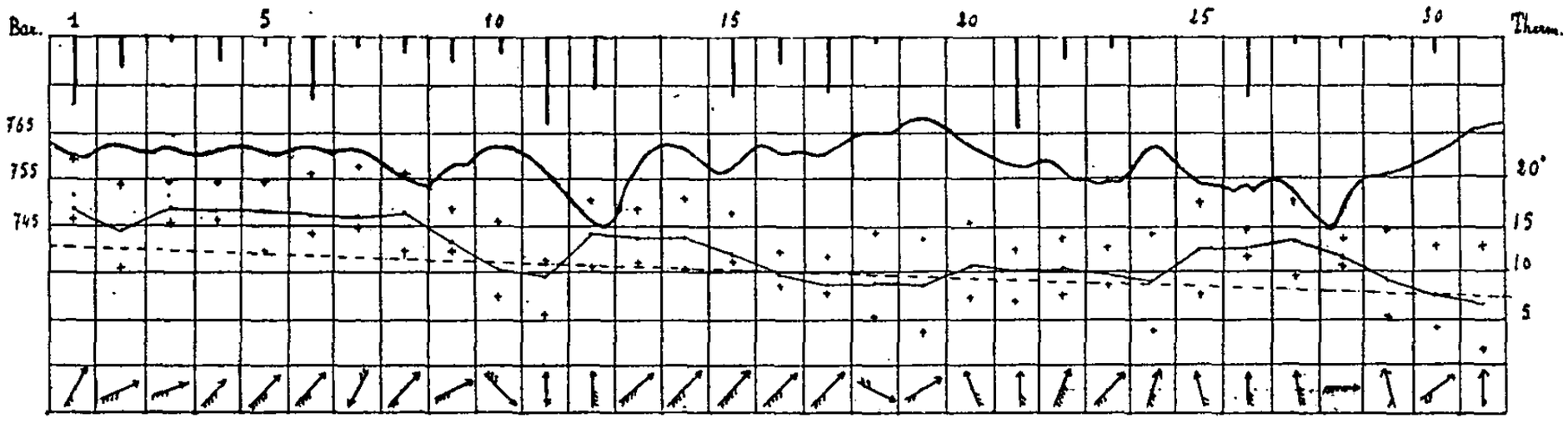


DIAGRAMME DES OBSERVATIONS DU PARC SAINT-MAUR. — SEPTEMBRE 1903.
(D'après le *Bulletin international* du Bureau central météorologique.)

La courbe du trait plein représente la marche du baromètre, ramené au niveau de la mer. — Les croix indiquent les températures maxima et minima; les points reliés par des traits fins, les températures moyennes de chaque jour. — La courbe pointillée donne la température normale de chaque jour du mois. — La direction du vent est figurée par des flèches, la force par le nombre de pennes 0 (calme) à 9 (tempête). — Les traits gras verticaux partant du haut donnent la hauteur des pluies (1 mm. pour 1 m. d'eau).

Ce n'est pas seulement à Paris, que le mois d'octobre a été très pluvieux; sur les Iles Britanniques également, les pluies ont été abondantes et sont tombées presque chaque jour; nous en citerons un exemple : les 9 et 10 octobre, on a mesuré 79 mm. 2 d'eau à North Shields et à Alnwick Castle, 76 mm. 7 à Durham. Pour le nord et l'ouest de l'Écosse, les quantités d'eau recueillies depuis le commencement de l'année jusqu'au 24 octobre dépassent les valeurs normales de quantités variant entre 400 et 450 millimètres.

Il est intéressant de remarquer que des pluies torrentielles sont tombées presque exactement à la même date de l'autre côté de l'Atlantique dans l'État de New-Jersey. Pendant les journées des 8 et 9 octobre, on a recueilli à New-York plus de 250 mm. d'eau; c'est, de beaucoup, la plus forte pluie que le Weather Bureau de Washington ait eu à noter depuis sa fondation en 1867. La coïncidence entre les fortes averses en Amérique et en Europe est très remarquable, mais il ne faudrait pas en conclure qu'il y a eu corrélation entre les deux phénomènes; la conclusion serait tout au moins prématurée. Le temps dans l'Amérique du Nord et celui qui règne en Europe présentent bien quelques rapports, ce qui s'explique d'ailleurs si l'on se rappelle que l'un et l'autre dépendent en partie des mêmes facteurs tels que l'étendue de l'anticyclone des Açores ou l'importance de l'anneau de faibles pressions qui entoure le cercle polaire, mais les recherches faites dans ce sens n'ont encore donné que des indications trop vagues pour recevoir une application à la prévision du temps, encore moins pour permettre d'affirmer que les fortes pluies d'Europe sont la conséquence de celles qui ont été observées cette année aux Etats-Unis.

Cette abondance des pluies est due à la persistance des vent de Sud-Ouest et d'Ouest. La distribution des pressions est restée la même, en gros, pendant tout le mois : baromètre élevé dans le sud et l'est de l'Europe, allant en décroissant vers le nord-ouest. Les dépressions qui ont passé sur les Iles Britanniques ou dans leur voisinage ont été très nombreuses; on ne compte pas moins de quinze minima principaux dont on peut suivre la marche vers l'est ou le nord-est; en outre de nombreux minima secondaires se sont formés à la limite sud des dépressions, généralement sur le golfe de Gascogne et le golfe de Gênes. Certains minima ont été très profonds; pour l'un d'eux qui s'est avancé du 11 au 12 sur l'Irlande et s'est ensuite dirigé vers le nord le baromètre est descendu à 730 mm. à Valentire. Le 15, une autre bourrasque s'est approchée de l'Écosse et l'on a noté, à Stornoway, un minimum de 728 mm.; c'est la plus basse lecture du mois en Europe. La marche de cette dépression est assez remarquable : après avoir atteint l'Ecosse en venant du sud-ouest, la dépression est descendue vers le sud-est sur la mer du Nord et le Danemark; son passage sur la Baltique a été marqué par la formation d'un minimum secondaire sur le golfe de Gênes.

Les mauvais temps ont naturellement été très fréquents sur nos côtes; le vent a soufflé en tempête sur la Manche et l'Océan le 12, le 26 et le 28, sur la Méditerranée le 26, le 30 et le 31. A la tour Eiffel, la vitesse moyenne du vent a atteint 32 mètres par seconde le 12, 30 mètres le 5 et le 15. Le temps est resté doux pendant tout le mois. Au Parc Saint-Maur, la moyenne du mois est supérieure de 2°,2 à la normale. Les maxima n'ont pas été bien élevés, le plus haut atteignant 22°,7 (le 1er); la grande nébulosité du ciel pendant tout le mois a en effet arrêté le réchauffement diurne et aussi le refroidissement de la nuit. Fait assez rare en octobre, le thermomètre n'est pas descendu une seule fois au-dessous de 0°, le minimum absolu étant de 1°,9 le 31. En France, on n'a signalé de gelées que sur les stations élevées.

CH. GOUTEREAU.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

TRAVAUX PUBLICS

LA VICTOIRE DÉFINITIVE DE PANAMA SUR NICARAGUA : LE TRAITÉ HAY-BUNAU-VARILLA.

Le 7 novembre dernier, une double nouvelle, éminemment sensationnelle, sonnait comme une fanfare, dans le journal du matin le mieux informé de Paris, et se répercutait rapidement dans toute la presse française et étrangère :

« Une révolution a éclaté dans l'isthme de Panama; le département de Panamá s'est séparé de la Colombie et s'est érigé en république indépendante.

« Un Français, M. Philippe Bunau-Varilla, est nommé Ministre plénipotentiaire de la République de Panama auprès du Gouvernement des États-Unis. »

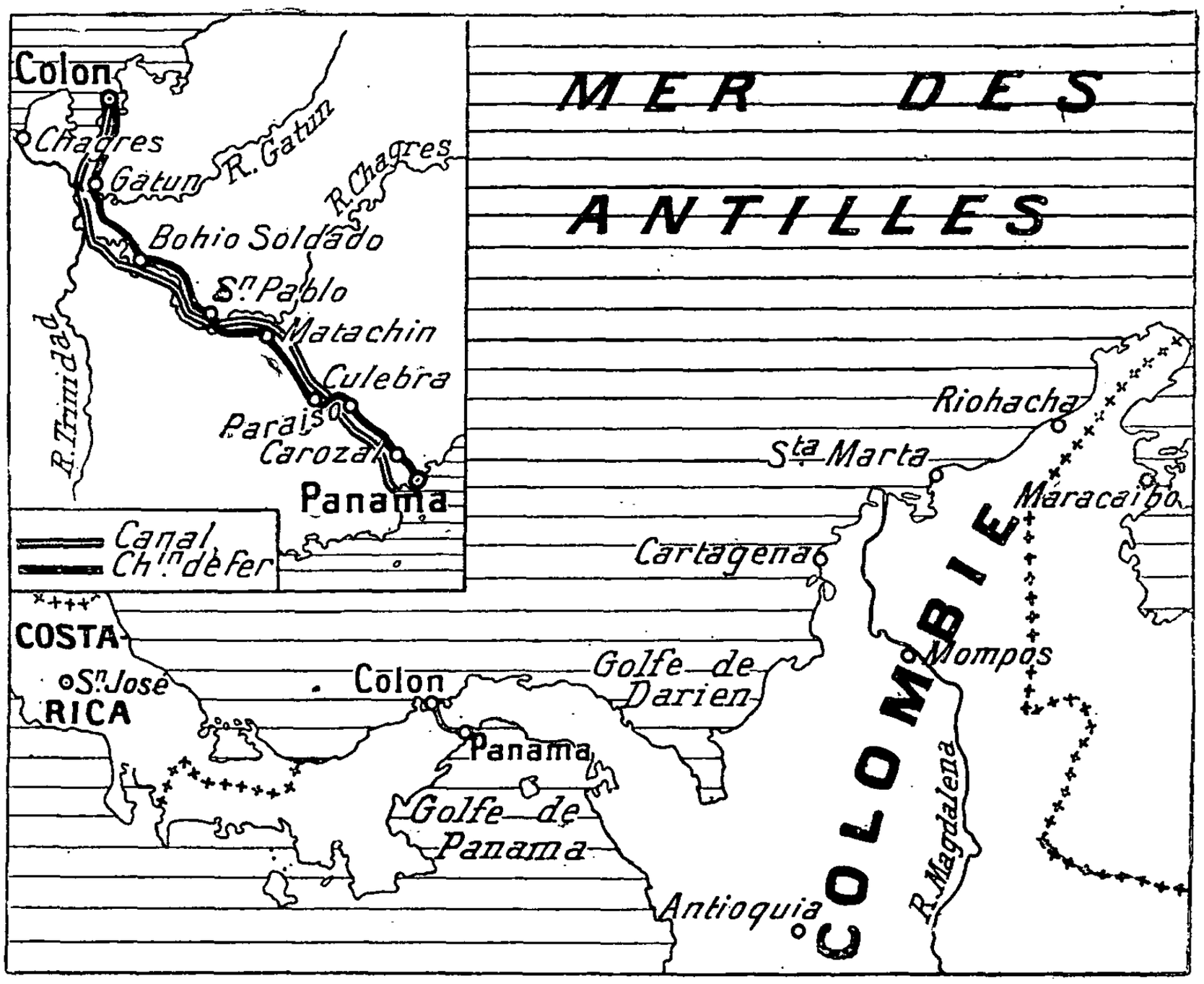
Si cette nouvelle a frappé le monde entier d'une surprise légitime, seuls les lecteurs de *la Science au XXe siècle* ont pu y échapper : car ils avaient été mis au courant de cette grande question internationale du Canal de Panama et mis en état d'en prévoir toutes les péripéties, même les plus imprévues, par la lecture de l'article magistral, écrit spécialement pour cette Revue par M. Philippe Bunau-Varilla sous ce titre significatif :

« *Panama et Nicaragua. — Comment Panama a vaincu Nicaragua en Amérique*[1] ».

Dans ce récit héroïque — divisé en 26 paragraphes distincts comme une épopée en 26 chants — l'auteur racontait sa mémorable campagne, d'articles de journaux et de brochures, de conférences, de négociations diplomatiques et de luttes parlementaires, qui avait abouti à cette victoire : depuis le premier coup de canon tiré par lui, en mars 1892, contre cette forteresse du projet de Nicaragua, jugée alors imprenable, jusqu'au dernier coup qui la démolit de fond en comble, en juin 1902. Car c'est lui qui avait écrit le premier document — son livre de 1892 : *Panama, le passé, le présent, l'avenir* — contre le projet du Canal interocéanique par l'isthme de Nicaragua, projet éminemment national en Amérique, où l'opinion publique l'avait adopté, caressé et couvé depuis un demi-siècle. Et c'est lui encore qui venait d'écrire le dernier

M. PHILIPPE BUNAU-VARILLA.
Ministre plénipotentiaire de la République de Panama à Washington.

1. Voir *la Science au XXe siècle*, 1er avril 1903.



CARTE DE PANAMA, DE LA COLOMBIE ET DU TRACÉ DU CANAL.

document, le document décisif, celui qui avait produit un revirement complet d'opinion dans le Sénat américain et provoqué le vote du 12 juin 1902, favorable au projet de Panama : je veux parler de ces ingénieuses *Caractéristiques comparatives de Panama et de Nicaragua* qui résumaient avec une lumineuse éloquence, en quelques tableaux et graphiques saisissants, le fort et le faible des deux projets rivaux [1].

Après le vote sénatorial presque unanime de la loi Spooner (19 juin 1902), décidant que « *le Président de la République construirait le Canal interocéanique par l'isthme de Panama* ; après le traité Hay-Herran (22 janvier 1903), établissant sur une base d'entente commune les conventions nécessaires entre la Colombie et les États-Unis, M. Philippe Bunau-Varilla pouvait considérer sa mission comme terminée. Et il était autorisé à donner à son article cette fière et mélancolique conclusion : « Ma tâche est accomplie ; et, si j'ai été impuissant à montrer la vérité à mon pays et à le préserver de la prodigieuse erreur qu'il a commise, j'ai le sentiment de n'avoir épargné aucun effort pour y atteindre, et je suis certain de l'avoir bien servi en sauvant ce qu'il était possible de sauver de son patrimoine moral et matériel ».

Mais il avait compté sans *l'imprévu*, qui joue parfois un rôle si décisif dans les petites et les grandes affaires humaines. Dans celle-ci, ce fut la sotte ambition ou la basse cupidité de quelques parlementaires sud-américains qui alluma un foyer d'intrigues et d'opposition au sein du Parlement de Bogota et qui amena le refus officiel de ratification du traité Hay-Herran. Tout semblait donc remis indéfiniment en question si l'Ingénieur qui avait attaqué de front et troué le massif de la Culebra — obstacle réputé infranchissable sur le tracé de Panama — eût été homme à reculer devant un grain de sable, si mal placé qu'il fût sur son chemin. Mais, à cette nouvelle imprévue, M. Philippe Bunau-Varilla n'hésitait pas à s'arracher au repos bien gagné qu'il prenait à Paris, et il repartait pour New-York, armé de pied en cap de son indomptable énergie, de sa science et de son expérience consommées et de sa persuasive éloquence. Les résultats de son intervention ne

1. Nos lecteurs trouveront ces *Caractéristiques* à la suite de l'article du 1er avril.

se sont guère fait attendre. Les dates des incidents successifs en font foi. La révolution de Panama est du 3 novembre; dès le même jour, le négociateur secret sortait de la coulisse pour opérer au grand jour. Et, en moins de vingt jours, le journal *le Matin* annonçait successivement la reconnaissance officielle de la République de Panama par les États-Unis, par la France, par la Russie, puis par l'Allemagne et par l'Autriche-Hongrie, enfin la signature du traité *Hay-Bunau-Varilla* qui remplaçait le traité Hay-Herran en le reproduisant dans toutes ses clauses et conventions [1].

C'est — à n'en plus douter — la fin du conflit; c'est la victoire définitive du canal de Panama sur le canal de Nicaragua; c'est la réhabilitation, devant le monde et devant l'histoire, et la glorification de la plus grande idée française du XIX[e] siècle. A l'ingénieur éminent, à l'héroïque lutteur, au diplomate avisé, enfin au bon Français qui a consacré dix-huit années de sa vie à la préparation et à la réussite de cette œuvre patriotique et grandiose, nous envoyons, par delà l'Océan, notre salut cordial et confraternel avec l'hommage ému de notre admiration reconnaissante.

G. MANEUVRIER.

INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

L'UTILISATION DES GAZ DE HAUTS FOURNEAUX POUR LA PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ.

Durant ces dernières années, la machine à vapeur a vu surgir devant elle deux concurrents redoutables : la turbine à vapeur et le moteur à gaz. Sans vouloir affirmer, comme on l'a fait un peu trop prématurément peut-être, que les machines à vapeur seront bientôt reléguées dans les musées, à l'état de curiosités ou de souvenirs, on peut dire que d'importantes transformations se préparent dans le domaine de la production de l'énergie électrique par l'emploi des courants à hautes tensions et par la substitution à la vapeur des gaz de hauts fourneaux dans les moteurs thermiques.

On évalue à 40 millions de tonnes environ la consommation annuelle de la fonte dans le monde entier. Si l'on songe que chaque tonne de ce produit exige pour sa fabrication 1 000 à 1 200 kilos de charbon, on voit que la production de la fonte absorbe chaque année 50 millions de tonnes de houille. Au moment où, par suite des besoins incessants de l'industrie moderne, le combustible devient si cher et menace même de disparaître complètement de certaines régions, il est du plus haut intérêt, au point de vue scientifique, de rechercher les moyens d'économiser une matière première aussi indispensable et aussi précieuse. D'un autre côté on peut admettre, dit M. Hubert [2], « qu'en moyenne le combustible entre dans le prix de revient de la fonte pour une proportion qui, suivant les régions, varie de 15 à 45 p. 100. On conçoit dès lors quel énorme intérêt présente tout perfectionnement qui diminue directement la quantité de combustible consommé par tonne de fonte, ou qui la réduit indirectement en permettant de tirer parti de la fraction non utilisée de l'énergie qu'elle représente. »

Tout le monde sait que le haut fourneau est constitué par une vaste cuve en maçonnerie dans laquelle on opère la réduction de l'oxyde de fer par le charbon. Les matières premières, coke, minerai, fondants, sont introduits par la partie supérieure de cette cuve, tandis que la fonte en fusion s'écoule, par intermittences, au moyen d'une ouverture pratiquée à la partie inférieure du creuset. Un violent courant d'air, fourni par de puissantes machines soufflantes et injecté par des tuyères, traverse de bas en haut la masse en fusion, active la combustion et facilite les réactions intérieures.

1. La principale, au point de vue des intérêts français, est celle que *M. Delcassé* lisait le 24 novembre, à la Chambre des députés : « La république de Panama s'engage solennellement, expressément et définitivement à protéger avec vigilance les intérêts français; à maintenir, en interprétant dans le sens le plus favorable aux intérêts français, les contrats de bonne foi intervenus entre des citoyens ou des compagnies françaises et le gouvernement de la Colombie, antérieurement au 3 de ce mois et qui, se référant essentiellement à l'isthme de Panama, suivant la transmission de souveraineté, et sont, par ce fait, des contrats liant la République de Panama. Parmi ces contrats de bonne foi se trouvent notamment ceux intervenus entre la république de Colombie et les diverses compagnies françaises du Canal. Tous ces contrats seront maintenus, et notamment le dernier, qui prolonge la concession jusqu'en 1910.

2. Congrès international des mines et de la métallurgie.

Ces réactions sont très complexes, car elles dépendent de la nature des minerais et de la composition des mélanges de houille et de fondants. Toutefois, d'une façon générale l'on peut dire que l'air en excès, arrivant au contact du charbon porté au rouge se transforme d'abord en acide carbonique. Ce gaz mélangé d'azote, en s'élevant dans la partie moyenne du haut fourneau rencontre un mélange de charbon et de minerai. Dans cette région, l'acide carbonique et l'oxyde de fer sont réduits, de sorte qu'à la sortie du haut fourneau on recueille un mélange gazeux dont la composition moyenne est la suivante :

	P. 100
Azote	50
Acide carbonique	14
Oxyde de carbone	28
Hydrogène et carbure	1
Vapeur d'eau	7
	100

Mélangé avec 0 m³ 8 d'air, 1 m³ de ces gaz fournit par la combustion un mélange d'azote, d'acide carbonique et de vapeur d'eau dont la composition en poids est la suivante :

Azote	1 k, 441
Acide carbonique	0 k, 776
Vapeur d'eau	0 k, 107

Le pouvoir calorifique des gaz des hauts fourneaux a été déterminé par M. Witz au moyen de sa bombe calorimétrique. Les échantillons soumis aux essais ont été prélevés aux usines Cockerill à Seraing (Belgique). M. Witz a trouvé que ce pouvoir calorifique variait entre 961 et 1 084 calories avec une valeur moyenne de 997 calories. Ces chiffres ont du reste été confirmés par des essais analogues effectués en Allemagne durant ces dernières années.

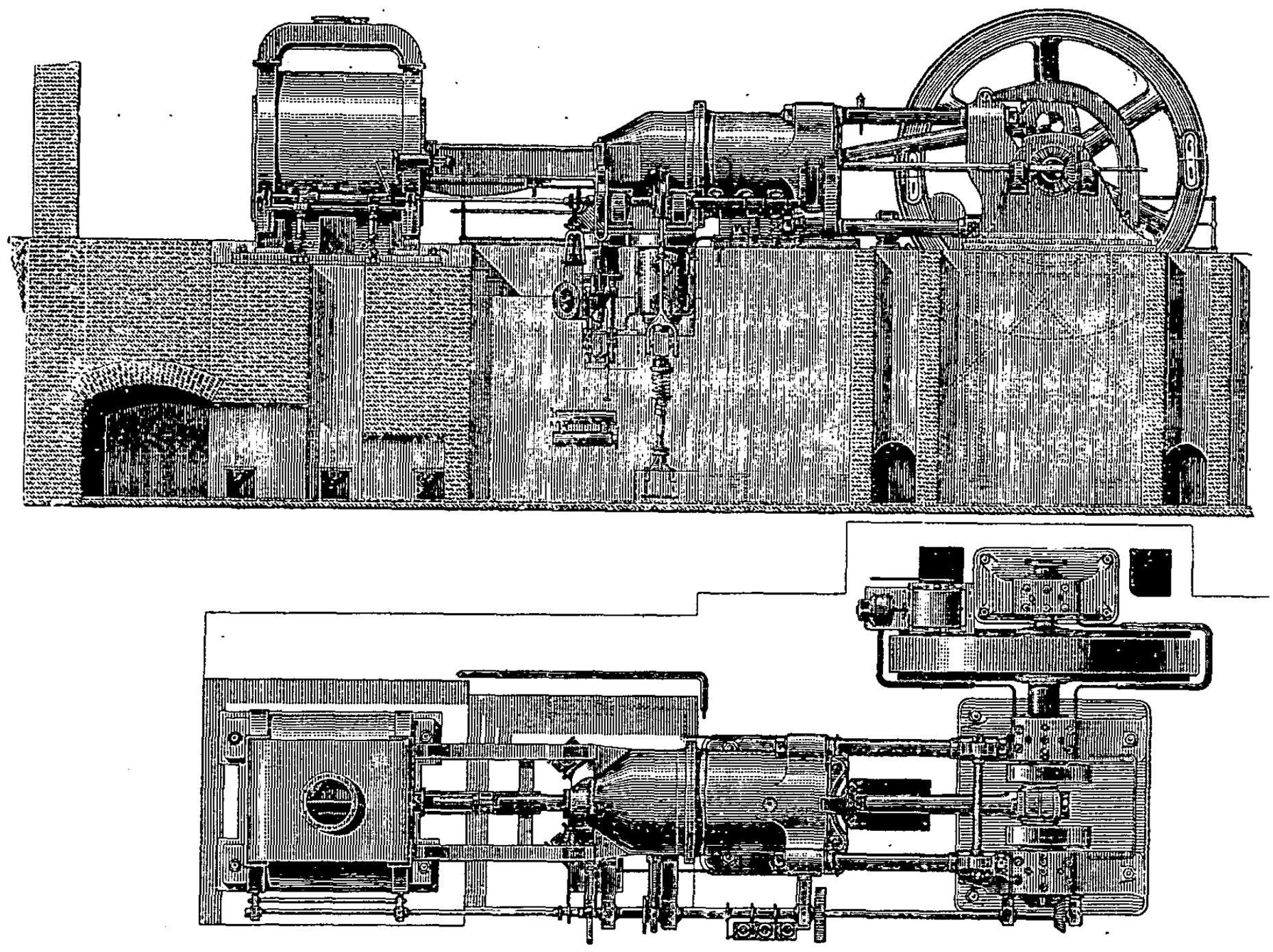


FIG. 1. — MOTEUR COCKERILL MARCHANT AVEC DES GAZ DE HAUTS FOURNEAUX ET ACTIONNANT UNE MACHINE SOUFFLANTE.

Il y a cinquante ans à peine les gaz qui sortaient des hauts fourneaux brûlaient librement à l'air à la sortie du gueulard en formant de superbes panaches de flammes et de fumées. C'était assurément un spectacle pittoresque et amusant, mais bien peu économique.

Rien n'est plus simple pourtant que d'utiliser

au chauffage du vent le calorique ainsi perdu sans profit, et l'on conçoit difficilement qu'on ait attendu si longtemps une solution qui paraît maintenant aussi évidente.

Les appareils Cowper sont constitués par de vastes chambres en maçonnerie remplies de briques réfractaires et dans lesquelles on dirige les gaz chauds sortant du gueulard. Lorsqu'une chambre est suffisamment chaude, on supprime l'arrivée des gaz qu'on dirige vers une chambre voisine et on fait passer dans la première l'air qui doit être insufflé par les tuyères. Grâce à ces perfectionnements la quantité de coke nécessaire à la production d'une tonne de fonte a pu descendre de 8 à 4 tonnes en même temps que la production journalière du haut fourneau a pu être augmentée dans de très notables proportions.

Un second progrès fut réalisé par l'emploi des gaz chauds pour produire, dans des chaudières appropriées, la vapeur nécessaire aux machines soufflantes et aux différents moteurs qui desservent les hauts fourneaux, pompes, monte-charges, etc.

Mais la véritable solution de l'utilisation des gaz de hauts fourneaux réside dans leur emploi direct pour la production de la force motrice et consécutivement de la puissance électrique.

C'est aux ingénieurs de la société Cockerill de Seraing (Belgique) qu'on doit d'avoir trouvé la solution pratique d'un problème considéré jusqu'ici comme insoluble. Le moteur exposé par cette compagnie dans la section belge de l'exposition de 1900 méritait en tous points de fixer l'attention. A Paris cette machine fonctionnait avec du gaz de ville, mais elle avait été essayée auparavant à Seraing, avec du gaz de haut fourneau. Les essais suivis et contrôlés par une commission internationale de savants et d'industriels furent si concluants, qu'un grand nombre d'usines métallurgiques adoptèrent le moteur Cockerill (fig. 1). Actuellement, plus de 40 000 chevaux sont installés en Europe, a elle seule l'usine de Differdange comporte 9 moteurs de 600 chevaux, 6 actionnant des machines soufflantes et les trois autres des dynamos. Ce résultat est d'autant plus remarquable que les inventeurs ont eu à lutter à la fois contre des idées préconçues et contre de sérieuses difficultés pratiques.

On a cru pendant longtemps que l'emploi des gaz de haut fourneau dans les moteurs nécessiterait des machines de dimensions énormes, étant donnée la pauvreté du gaz employé qui ne fournit ainsi que nous l'avons vu, que 1 000 calories par mètre cube alors que le gaz d'éclairage en fournit 5 à 6 000. Il n'en est rien, comme on peut s'en convaincre aisément. En effet, lorsqu'on diminue la teneur en carbone d'un mélange gazeux, on diminue d'autant la quantité d'air nécessaire à sa combustion, et par conséquent la quantité d'azote introduit inutilement, de sorte qu'en définitive le volume total du mélange combustible n'augmente pas sensiblement. Cela est si vrai du reste, qu'on a pu produire une puissance de 70 chevaux en employant les gaz

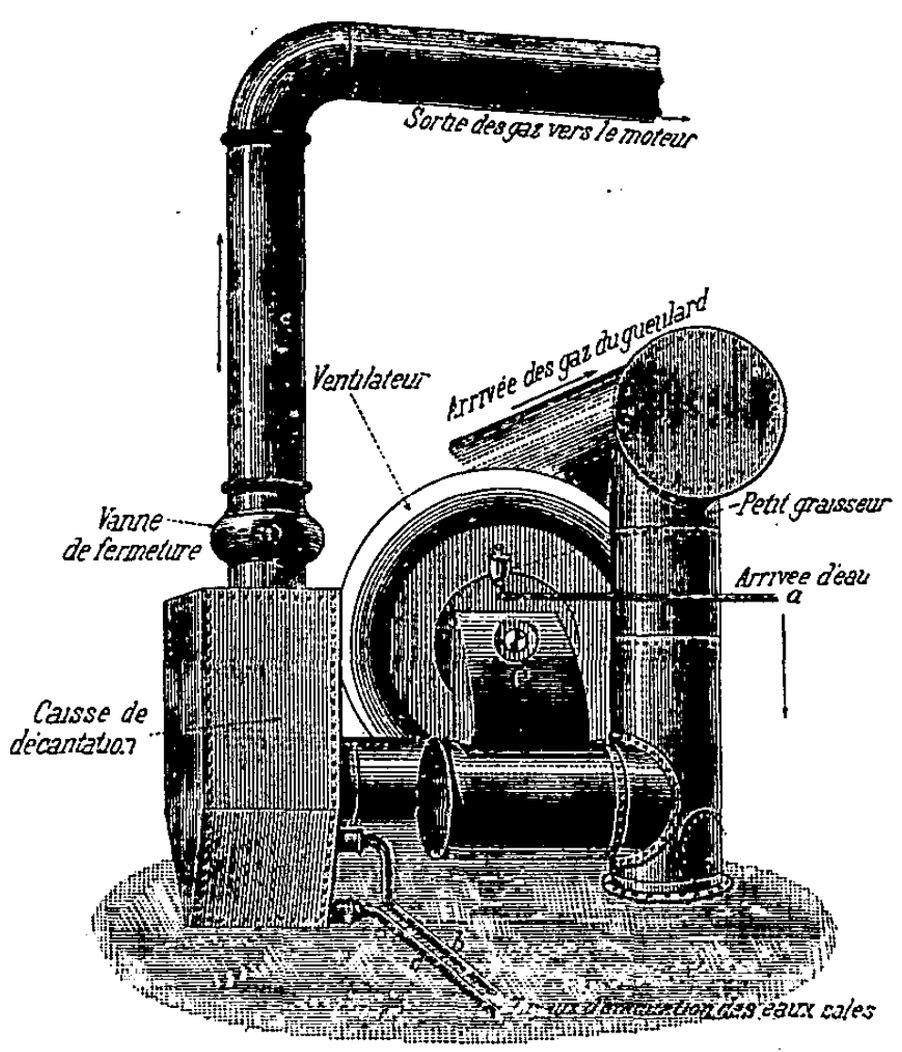


FIG. 2. — VENTILATEUR A INJECTION D'EAU POUR L'ÉPURATION DES GAZ DE HAUTS FOURNEAUX.

du gueulard, avec un moteur fournissant ordinairement 80 chevaux au gaz de ville.

Une autre objection qu'on faisait à l'emploi des gaz de haut fourneau, consistait dans la variation de leur pouvoir calorifique, conséquence immédiate d'une marche industrielle. L'expérience a montré que ces craintes n'étaient pas justifiées et que les moteurs s'accommodaient fort bien des changements survenant dans la composition de la houille des fondants et des minerais. Il convient enfin de remarquer que dans les grandes usines métallurgiques ces changements sont de peu d'importance parce qu'on utilise simultanément les gaz sortant de toute une batterie d'appareils.

La plus grosse difficulté qu'on rencontre dans l'emploi direct des gaz de haut fourneau tient à la très grande quantité de poussières que ces gaz renferment, poussières constituées par un mélange de coke, de minerai et d'oxydes métalliques.

La teneur en poussières varie beaucoup avec les produits employés dans la fabrication de la fonte. Elle ne dépasse quelquefois pas 0 gr. 25 par mètre cube, mais dans certaines usines elle atteint jusqu'à 10 gr. à la sortie du gueulard. Ces poussières amenées dans les cylindres sont

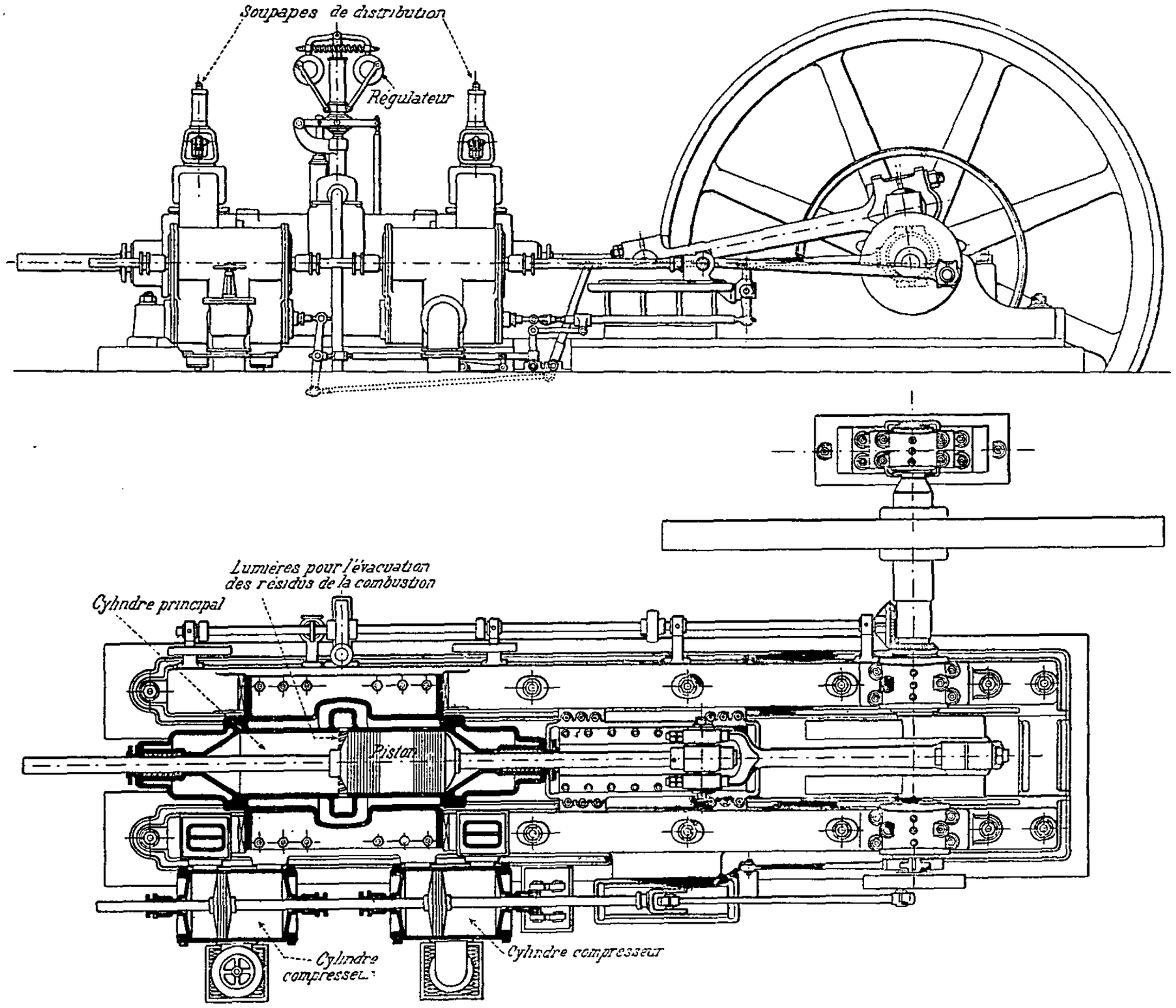


FIG. 3. — MOTEUR A GAZ KŒRTIG A DOUBLE EFFET.

une entrave au graissage du piston et au bon fonctionnement des organes de la distribution, aussi est-il indispensable de les éliminer dès que leur teneur dépasse 0 gr. 5 par mètre cube.

Cette épuration s'effectue au moyen d'un ventilateur à eau (fig. 2). Les gaz arrivent par un conduit C au centre du ventilateur et sont mélangés au liquide arrivant par le tuyau A. L'eau est pulvérisée par le choc des ailes en mouvement; elle entoure chaque grain de poussière et, en augmentant sa masse, l'applique violemment contre la paroi par l'effet de la force centrifuge. L'eau qui s'écoule du ventilateur entraîne les boues par les conduits *b* et *c*.

Pour appliquer les méthodes nouvelles à la conduite des dynamos il restait à vaincre une dernière difficulté, inhérente à toutes les machines à gaz. Nous voulons parler de l'irrégularité de l'effort moteur.

On sait que tout moteur à gaz comporte une série de 4 opérations. 1° aspiration du mélange de gaz et d'air; 2° compression de ce mélange; 3° explosion; 4° évacuation des résidus de la combustion.

Dans un moteur dit à quatre temps, les deux premières opérations s'effectuent dans la première course aller et retour du piston, les deux dernières dans la course suivante; de sorte qu'il n'y a qu'une seule impulsion pour deux tours de l'arbre moteur. Cette condition est très défa-

vorable à la marche en parallèle des alternateurs qui exige un couple moteur à peu près constant. Pour remédier à cette irrégularité il est absolument indispensable d'employer plusieurs cylindres, deux cylindres en tándem, ou mieux encore quatre cylindres sur deux lignes, les explosions se succédant de façon à avoir quatre impulsions pour deux tours ou, ce qui revient au même, deux impulsions par tour comme une machine à vapeur monocylindrique.

La même condition peut du reste être remplie par un moteur à deux temps à double effet comme le moteur Kœrtig par exemple (fig. 3).

Dans ce moteur l'air et le gaz sont préalablement comprimés, individuellement au moyen de deux pompes, l'une pour l'air, l'autre pour le gaz, ces pompes étant d'ailleurs mises en mouvement par la machine elle-même. Le mélange gazeux s'effectue dans le cylindre principal, et successivement en avant puis en arrière du piston. Quand l'explosion est terminée, le piston dans sa course débouche des lumières par où s'échappent les gaz résiduels. On obtient donc deux impulsions pendant un tour du volant.

Quoi qu'il en soit le problème de l'accouplement en parallèle des alternateurs actionnés par des moteurs à gaz de haut fourneau peut être considéré comme résolu; on a pu même, dans certaines usines, accoupler des moteurs à gaz et des moteurs à vapeur.

De cette étude rapide il résulte immédiatement qu'il est possible de créer près des hauts fourneaux des centres importants de production d'énergie électrique et, par l'emploi des courants alternatifs, d'utiliser cette énergie dans un rayon très étendu qui peut atteindre 40 000 kilomètres carrés. Le kilowatt-heure ainsi produit reviendrait à moins de 2 centimes de sorte que la fonte ne serait plus, comme l'a fait remarquer un ingénieur anglais, qu'un sous-produit de la fabrication de l'électricité, comme les goudrons et beaucoup d'autres produits chimiques sont des sous-produits de la fabrication du gaz d'éclairage.

Pour rester vainqueur dans la lutte économique toujours plus âpre et plus difficile, l'industriel n'hésite pas à se transporter là où il trouve la force motrice à bon marché. L'utilisation de la puissance perdue autrefois dans les hauts fourneaux est donc susceptible de retenir en leurs pays d'origine, et plus particulièrement dans notre région du nord, les industries de de toutes sortes qui étaient sur le point de s'exiler dans les Cévennes, les Alpes ou les Pyrénées, au pays de la houille blanche.

L. DRIN.

GÉOLOGIE

LE CYCLE DES PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES.

Parmi les phénomènes géologiques, il en est qui de tous temps ont frappé l'imagination des peuples ou qui tout au moins n'ont pas échappé à l'œil des observateurs. Tels sont les éruptions volcaniques, les tremblements de terre, le charriage des limons par les fleuves, la marche des dunes, etc. Mais beaucoup de ces phénomènes sont localisés dans certaines régions en quelque sorte privilégiées; aussi, dans les pays couverts de cultures, dans le voisinage des grandes villes situées dans l'intérieur des terres, loin des côtes battues par les flots, loin des massifs montagneux qui portent des glaciers, loin des pays volcaniques, l'attention n'est-elle guère retenue par la marche des phénomènes géologiques.

Rendons-nous par contre dans la haute montagne, dans certaines régions des Alpes, par exemple : là il nous est impossible d'échapper à l'impression grandiose qu'exercent sur nous les plus imposantes manifestations des forces de la Nature. Partout nous rencontrons les traces de phénomènes géologiques dont nous pouvons saisir immédiatement les effets.

Nous remarquons d'abord, sur presque toutes les pentes, de grands amas d'éboulis, alimentés constamment par des chutes de pierres (fig. 1); ailleurs ce sont des accumulations énormes de blocs épars, souvent de taille gigantesque, résultant de ce que, à un moment donné, de grands pans de rochers, voire même des montagnes entières, comme dans les éboulements tristement célèbres de Servoz, en Savoie (1751), de Goldau (1806), d'Elm (1881), en Suisse, se sont détachés d'un seul coup et ont répandu en quelques instants un manteau détritique sur de vastes surfaces précédemment couvertes de

végétation ou même sur des lieux habités par l'homme. L'effet géologique évident de ces catastrophes consiste dans le transport, sur les

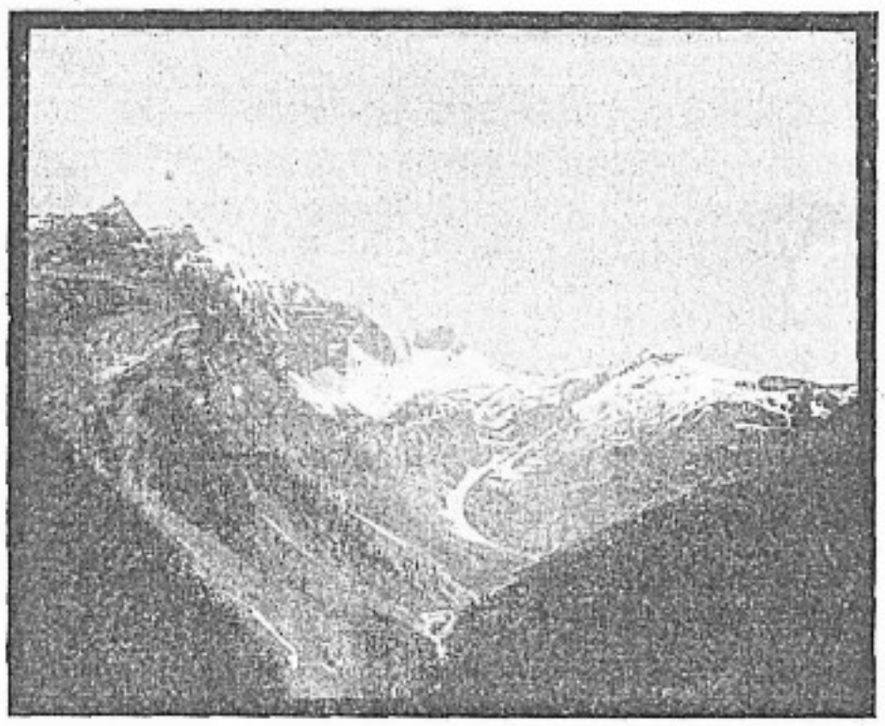


FIG. 1. — VALLON DU SELLAR, PRÈS FREISSINIÈRES (HAUTES-ALPES), MONTRANT DES PENTES COUVERTES D'ÉBOULIS.

pentes et jusque dans le fond des vallées, de matériaux arrachés aux régions élevées.

Dans le cas précédent les éboulis sont déplacés par la simple action de la pesanteur; il est manifeste que cette action se trouvera considérablement renforcée par l'intervention des innombrables filets d'eau que nous voyons ruisseler sur les pentes (fig. 2) et tomber en cascades les jours de forte pluie ou au moment de la chute des neiges. Le phénomène est particulièrement grandiose dans le bassin de réception des torrents, où l'attaque énergique de la montagne par les eaux sauvages se produit sous nos yeux; nous pouvons assister ensuite, après les pluies d'orage, à l'entraînement tumultueux des matériaux meubles par le chenal d'écoulement et, enfin, nous voyons ces matériaux s'étaler sur le flanc de la vallée, en formant un vaste cône de déjection, disposé en éventail (fig. 3).

Les glaciers transportent également, mais avec une excessive lenteur, des roches détachées des cimes environnantes, ils les poussent en avant et les accumulent à leur extrémité inférieure sous la forme de moraines frontales.

Dans chacun des trois phénomènes dont je viens d'indiquer sommairement la marche, éboulements, actions torrentielles et glaciaires, le résultat final est le même, c'est le *transport* dans la vallée de matériaux meubles provenant des régions élevées et ensuite leur dépôt sous la forme de sédiments.

Le cours d'eau qui coule dans la vallée entraîne vers l'aval les éléments détritiques que les éboulements, les torrents, les glaciers y ont accumulés; il les charrie, tout en les roulant, les calibrant, les arrondissant, jusque dans la plaine, abandonnant en route les plus volumineux et se chargeant de matériaux nouveaux empruntés à ses berges. Nous le suivons dans la plaine et nous le voyons couler paresseusement, en décrivant des méandres, et, lors des grandes crues, déposer encore des masses considérables d'alluvions. En même temps il entraîne à l'état de suspension un fin limon provenant de la trituration des roches les moins résistantes, et ce limon se dépose dans les parties du cours où la vitesse des eaux est devenue relativement faible.

En se jetant dans la mer, le cours d'eau, devenu fleuve, dépose immédiatement les sables ou les graviers qu'il charriait, en formant un delta; ou bien, dans le cas des côtes abruptes et soumises au régime des marées, il débouche par un estuaire, en avant duquel il abandonne aussitôt une partie du limon qu'il portait en suspension, tandis que le reste est entraîné à une certaine distance de l'embouchure et ne tombe que lentement au fond de la mer.

La partie inférieure du cours du fleuve et son embouchure sont donc aussi le théâtre d'une *sédimentation* intense.

Si nous nous rendons dans une région désertique, là encore nous voyons se produire sur une vaste échelle les phénomènes de désagrégation, de transport et de sédimentation. Les roches sont soumises, par suite du refroidissement nocturne et de l'insolation diurne, à des variations de température extrêmement brusques, qui déterminent leur éclatement. Après une desquamation préalable, les plus compactes, telles que les calcaires, les basaltes, les silex, sont débitées en éclats anguleux; les grès sont transformés en sables, les granites en arènes. Le vent s'empare immédiatement des produits de cette désagrégation; le sable est mis en mouvement et fonctionne désormais comme agent de polissage et de corrosion; il transforme les cailloux épars en galets à facettes et grave de profonds sillons dans les parois des falaises. En même temps, le vent remplit la fonction d'agent de transport; il pousse devant lui des accumulations de sable analogues aux dunes marines, et ce phénomène aboutit nécessairement à la formation d'un dépôt que l'on peut qualifier d' « éolien ».

Transportons-nous maintenant sur le bord de la mer, sur une côte formée par une falaise abrupte. A marée haute les vagues viennent déferler avec fracas contre le pied de la falaise, qui, minée par la base, s'effondre en tranches successives et recule ainsi graduellement, tandis qu'il se forme un peu au-dessus du niveau des plus basses mers une plate-forme littorale. Le flot s'empare des blocs éboulés et les projette comme une mitraille contre le rivage, il les transforme peu à peu, suivant leur nature, en galets arrondis, en sable ou en vase. Les courants de marée charrient les galets et les sables parallèlement à la côte et les déposent en des endroits dont la configuration permet leur arrêt sous la forme de levées de galets, de plages de sable.

Quant à la vase, elle reste en suspension dans l'eau de mer pendant quelque temps, puis elle se dépose, soit au large, soit dans une anse abritée, se mêlant souvent à la vase apportée par les fleuves.

Nous observons donc encore, sur le littoral, des phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation.

Enfin, lisons les récits des anciens navigateurs dans les mers de l'Océanie ou les mémoires consacrés par des explorateurs modernes, tels que Darwin, J. Dana, Al. Agassiz, à l'étude des abords de la Floride, ou à la côte nord-est de l'Australie, ou aux îles de la Polynésie. Nous apprenons que les rivages sont bordés de récifs coralliens, qui forment aussi quelquefois une barrière à une certaine distance de la côte. Ces récifs sont édifiés par des Madréporaires et autres Anthozoaires vivant en colonies et sécrétant des polypiers, composés de carbonate de chaux. La vague vient s'y briser, lors des tempêtes elle arrache les parties les plus exposées, elle triture les polypiers, les transforme en un sable corallien et les particules les plus ténues restent un certain temps en suspension dans les eaux, à la manière des boues inorganiques, blanchissant la mer aux abords des récifs, de sorte que l'on a pu parler du « lait du corail ». En tombant au fond, ces particules forment, au large des constructions coralliennes, un dépôt de vase calcaire extrêmement fin et homogène. Voici donc un exemple de sédiment dont les éléments proviennent exclusivement de l'activité d'êtres organisés.

Que la sédimentation marine soit due à l'intervention des organismes, qu'elle soit en relation avec l'action des vagues sur les roches du littoral, qu'elle soit alimentée par l'apport des fleuves ou des glaciers qui débouchent directement dans la mer, ou encore par des projections volcaniques ou des poussières cosmiques, soit, enfin, qu'elle ait lieu par précipitation chimique des sels contenus en dissolution dans les eaux marines, elle se traduit toujours par la formation d'un dépôt ou sédiment, qui vient tapisser le fond de la mer.

De même la sédimentation continentale, quelle que soit l'origine première des matériaux qui y prennent part, se manifeste par la formation de dépôts recouvrant les plaines, encombrant le lit des cours d'eau, encroûtant les pentes des montagnes, ou tapissant le fond des lacs.

Parmi les dépôts marins, ceux qui se forment sur le littoral, au-dessus de la limite inférieure des basses mers, sont seuls accessibles à l'observation directe; quant à ceux qui se sont effectués au large, c'est uniquement par des dragages que nous pouvons apprendre à les connaître et c'est seulement dans les trente dernières années que des croisières, organisées par les gouvernements de tous les pays civilisés et parmi lesquelles il convient de mettre celle du *Challenger* (1873-76) au tout premier plan, ont fait connaître, au moins dans leurs grandes lignes, la nature et la distribution des sédiments qui occupent le fond des océans. On a constaté

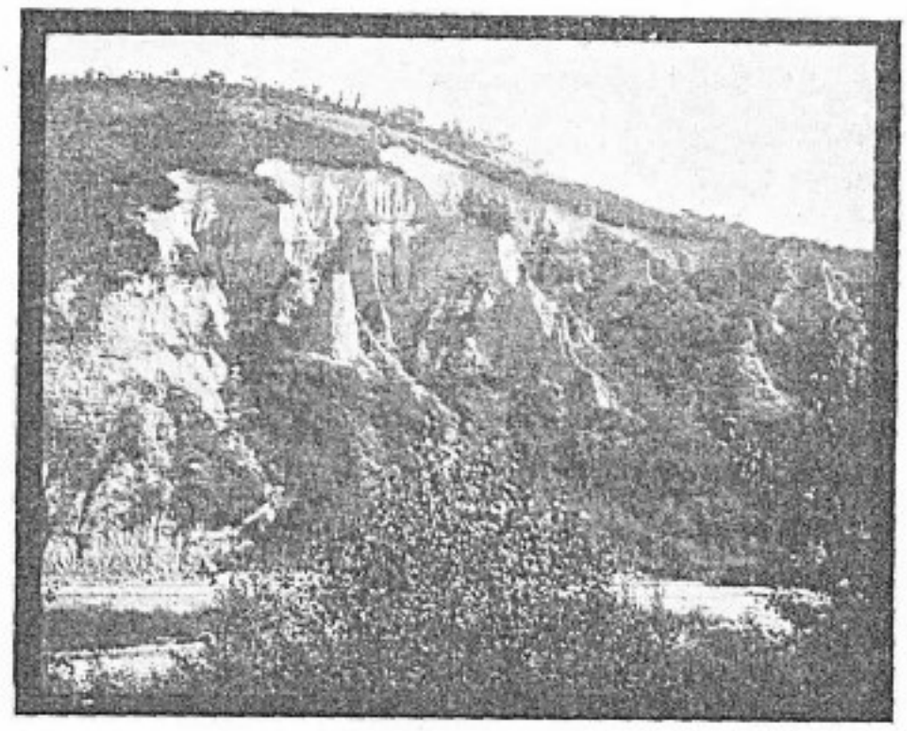


FIG. 2. — VERSANT FAÇONNÉ PAR LE RUISSELLEMENT (CAILLOUTIS FLUVIO-GLACIAIRES). VALLÉE DE LA DRANCE, PRÈS DU PONT-DES-FRANÇAIS (HAUTE-SAVOIE).

ainsi l'existence d'une ceinture de dépôts vaseux sur tout le pourtour des continents, jusqu'à une distance variable des côtes, et l'analogie est

grande entre ces dépôts et les argiles, les marnes, qui comptent parmi les terrains les plus répandus à la surface de la terre.

La ressemblance n'est pas moindre entre les vases calcaires, les brèches coralliennes qui entourent les récifs et certaines craies, certains tuffeaux, et, depuis longtemps, les géologues ont été amenés au résultat que les grès ne sont autre chose que des sables agglutinés, que les poudingues sont des amas de galets cimentés. L'origine marine de la plupart de ces roches résulte déjà de leur analogie avec les sédiments des mers actuelles, mais cette origine est mise entièrement hors de doute par la présence de restes organiques ou *fossiles* marins, tels que coquilles de Mollusques, squelettes de Poissons, carapaces d'Oursins, etc.

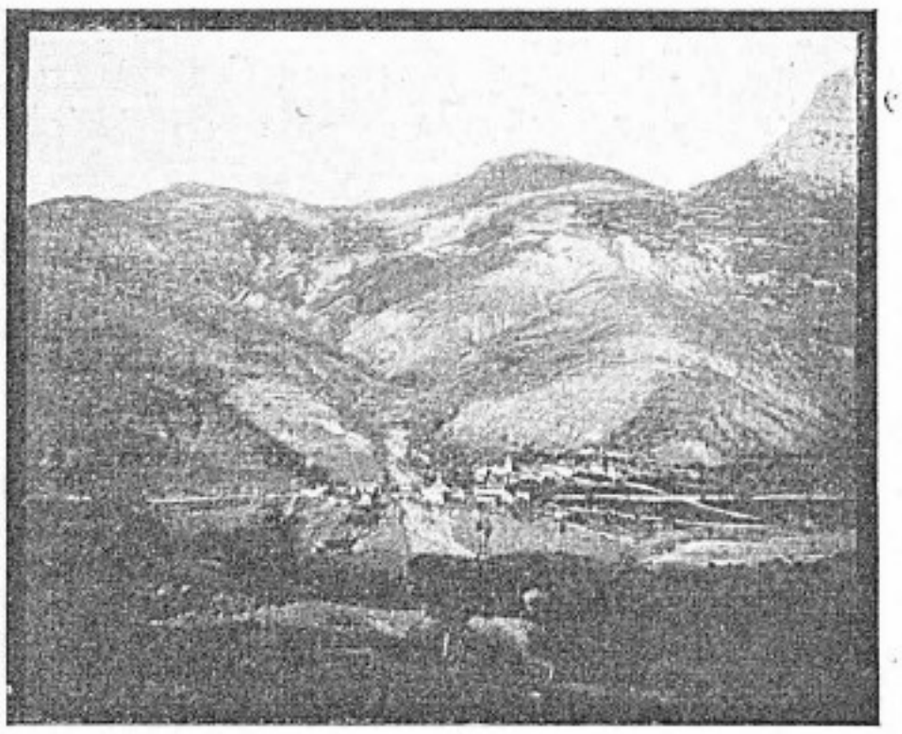


FIG. 3. — TORRENT D UBAYE (BASSES-ALPES), MONTRANT LE BASSIN DE RÉCEPTION, LE CHENAL D'ÉCOULEMENT ET LE CÔNE DE DÉJECTION, SUR LEQUEL EST BÂTI LE VILLAGE D'UBAYE.

Certes il existe aussi des argiles, des grès, des calcaires d'origine lacustre, des poudingues d'origine fluviale, mais leur importance est minime, comparée à celle des dépôts marins, et l'on peut affirmer qu'une très grande partie des terrains formant l'ossature des continents est constituée par des roches sédimentaires d'origine marine. Il est à remarquer que cette notion fut entrevue dès la fin du XV^e^ siècle par Léonard de Vinci, qui, le premier, interpréta les « pétrifications » non comme des « jeux de la Nature », à l'exemple de ses prédécesseurs, mais comme des coquilles d'animaux abandonnés par la mer, alors qu'elle s'étendait au delà de ses limites actuelles.

Si les roches sédimentaires ne sont pas tout à fait identiques aux dépôts formés aujourd'hui par les eaux et si elles en diffèrent surtout par leur degré de cohésion, cela tient à ce que, postérieurement à leur dépôt, elles ont subi des modifications physiques et chimiques souvent intenses, sous l'action des pressions énergiques auxquelles elles se sont trouvées soumises ou encore par suite du fait qu'elles ont été imbibées par des eaux thermales chargées de principes minéralisateurs. Les calcaires ont été transformés en marbres, les argiles en schistes argileux ou en schistes cristallins. L'ensemble de ces transformations est connu sous le nom de *métamorphisme*. Les roches métamorphiques occupent à la surface du Globe une surface au moins égale à celle des roches sédimentaires non modifiées.

Les roches d'origine marine, métamorphisées ou non, se rencontrent non seulement dans des plaines qui ont pu être exondées par de faibles oscillations du sol, mais encore et surtout dans des chaînes de montagnes élevées, où l'on recueille des restes d'animaux marins à des altitudes de plusieurs milliers de mètres, comme par exemple aux Diablerets, dans les Alpes vaudoises, où des coquilles de Mollusques marins et des Nummulites ont été trouvées entre 3 200 et 3 300 mètres d'altitude. Il est donc manifeste que les roches sédimentaires ont été d'abord soustraites au milieu marin, dans lequel elles s'étaient formées, puis soulevées à des hauteurs très considérables par des mouvements de l'écorce terrestre, de manière à constituer des massifs montagneux.

C'est un tout autre ordre de phénomènes dont nous allons maintenant aborder l'examen.

La phase pendant laquelle les sédiments se déposent au fond des mers peut être considérée comme une période pendant laquelle se sont élaborés les matériaux qui serviront à l'édification des chaînes de montagnes. On lui a donné le nom de phase de *lithogénèse*, par opposition à la phase d'*orogénèse*, qu'elle précède nécessairement et au cours de laquelle s'édifient les reliefs de l'écorce terrestre.

Si l'on veut se rendre compte de la nature des phénomènes qui ont porté les sédiments à l'altitude des massifs montagneux, il est nécessaire de se familiariser avec une particularité que présentent tous les dépôts formés dans des eaux tranquilles. Il est facile de constater qu'ils sont

disposés suivant des couches horizontales, séparées les unes des autres par des *plans de stratification* parallèles entre eux; on dit que ces dépôts sont stratifiés. La stratification est particulièrement bien visible quand la nature des dépôts se modifie dans le sens vertical et surtout lorsque les modifications se produisent brusquement, lorsque par exemple une couche calcaire succède sans transition à une couche argileuse. Toutes les fois que des couches ou strates présenteront une certaine inclinaison, sans qu'il soit possible d'attribuer cette inclinaison à une sédimentation torrentielle, on devra en conclure que ces couches ont été relevées, redressées par une action mécanique postérieure à leur formation.

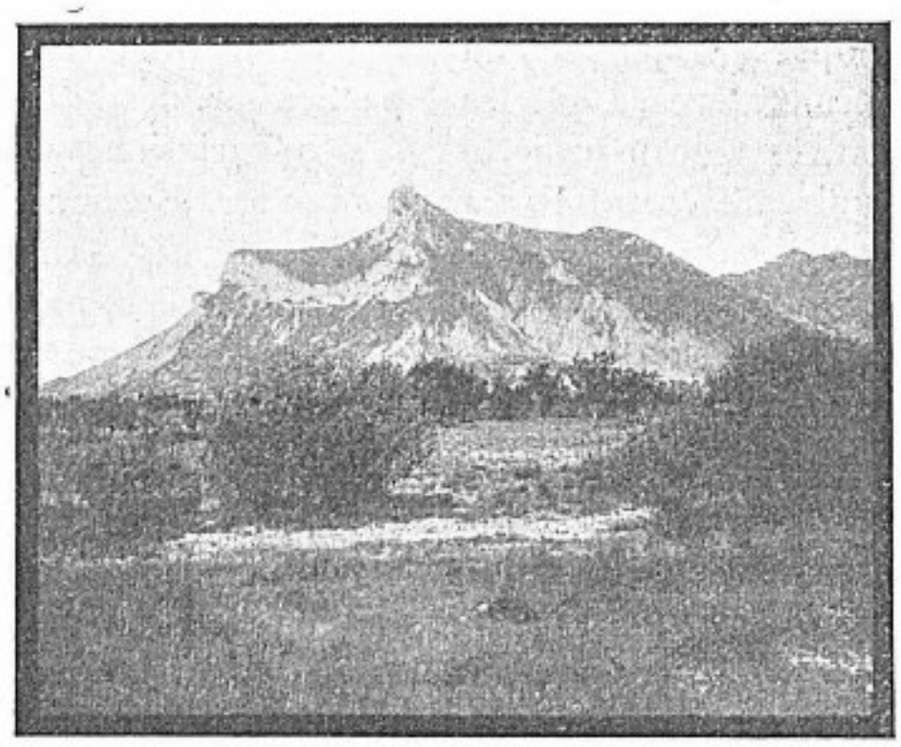


FIG. 4. — SYNCLINAL DES CRIGNES, PRÈS LE MONNÊTIER-ALLEMONT (HAUTES-ALPES).

Souvent l'inclinaison des strates est très considérable, elle peut atteindre la verticale et peut même la dépasser. On dit alors que les couches sont renversées. Dans des régions très étendues, elles sont partout fortement ondulées ou énergiquement plissées, de manière à présenter des plis concaves — que l'on désigne sous le nom de *synclinaux* (fig. 4) — et des plis convexes — connus sous le nom d'*anticlinaux*.

La chaîne du Jura nous fournit un exemple classique de région plissée; comme, en beaucoup de points, la surface des couches s'y confond avec la surface du terrain, il en résulte que les synclinaux correspondent à de longues vallées longitudinales, telles que le val de Travers, et que les anticlinaux se traduisent par des chaînes parallèles en forme de voûtes.

On n'a jamais pu *observer* directement les mouvements du sol qui ont produit le relèvement des couches ou qui ont donné lieu aux plissements, on constate le résultat mécanique, mais on ne peut assister au phénomène lui-même; pour expliquer le mécanisme du plissement on a dû avoir recours à la méthode expérimentale. En soumettant des matières plastiques, disposées suivant des lits parallèles, à une compression latérale, on est arrivé à reproduire des plis anticlinaux et synclinaux et l'on a été conduit à envisager les chaînes de montagnes plissées comme le résultat de l'écrasement de zones déterminées, sous l'action de pressions latérales.

Mais revenons à des faits d'observation. Dans les régions plissées il est rare que les couches aient conservé partout une parfaite continuité, il s'est produit fréquemment des ruptures, des fractures, résultant du manque de plasticité des couches; ou encore, par suite de tassements, d'effondrements, sous l'action de la pesanteur, des voussoirs se sont affaissés, suivant des cassures verticales, que l'on désigne sous le nom de *failles*.

Les réseaux de fractures constituent des zones de moindre résistance, et c'est le long des grandes failles linéaires ou sur le bord de cassures circulaires que se trouvent généralement les cheminées de sortie des matières fluides provenant de l'intérieur de la terre, c'est-à-dire les *volcans*. En même temps les champs de fracture sont le siège d'ébranlements du sol, qui se produisent à intervalles irréguliers, avec des intensités variables. Les plus faibles ne sont perceptibles qu'au moyen d'appareils spéciaux, les sismographes; les plus violents, les *tremblements de terre*, exercent leurs ravages dans une région centrale et ont quelquefois leur répercussion sur toute la surface du Globe.

Il semble qu'ainsi certaines parties de la Terre s'affaissent, s'effondrent, tandis que d'autres restent en saillie, formant des massifs montagneux entourés de failles, tels que les Vosges, le Morvan, que les géologues désignent actuellement, suivant l'exemple de M. Suess de Vienne, sous le nom de « Horst », qui fait allusion à leur stabilité relative. Notre grand Bernard Palissy avait évidemment eu l'intuition de ce mode de formation de certains massifs, lorsqu'il écrivait[1] : « Il adviendra qu'une contrée de pays sera abysmée ou abaissée par un tremblement de terre, et alors, ce qui restera sera trouvé montueux ». Le modeste

1. *Recepte véritable*. Les œuvres de Bernard Palissy, publiées d'après les textes originaux avec une notice historique et bibliographique et une table analytique par Anatole France, p. 49. Paris, Charavay, 1880.

céramiste pressentait dès 1563 le rapport étroit qui existe entre les phénomènes volcaniques et les mouvements orogéniques.

Tout le monde sait que les volcans sont des montagnes plus ou moins coniques, émettant temporairement des matières originaires de l'intérieur de la terre. Ce que l'on sait moins, c'est ce qu'ils sont, eux-mêmes, le résultat de l'accumulation de leurs propres projections ou de coulées jaillissant de leurs cratères. Dans les paroxysmes d'une éruption, le volcan projette des nuages de cendres, qui sont entraînés au loin par les courants atmosphériques, ou des *lapilli*, matières scoriacées ou ponceuses, qui s'entassent sur les flancs ; ou bien encore il lance des blocs quelquefois énormes arrachés aux parois du cratère. Il déverse sous la forme de coulées des roches en fusion, ou des masses boueuses, qui suivent les lignes de plus forte pente. Les émissions gazeuses se produisent en tout temps sur les parois des volcans sous la forme de fumerolles, de mofettes, de sources thermales; leur rôle dans les éruptions est capital, quoique des torrents de gaz à haute température, tels que celui qui détruisit Saint-Pierre, doivent être plutôt considérés comme exceptionnels; mais c'est incontestablement à la force d'expansion des gaz que sont dues la projection des cendres et même la montée des laves en fusion et, à plus forte raison, les explosions accompagnées de projections. L'ascension des laves incandescentes est probablement facilitée en route par la pression qu'exerce sur des réservoirs internes la descente lente de certains voussoirs de l'écorce terrestre, et c'est ainsi que s'expliquerait la relation fréquente entre l'existence d'aires d'affaissement et la présence, sur leur pourtour, de centres volcaniques. La plaine de Hongrie et la mer des Antilles sont des exemples frappants de cette coïncidence.

Les phénomènes volcaniques ont généralement suivi, dans une région déterminée, la formation des plissements, de sorte qu'ils peuvent être envisagés comme le dernier terme dans la série des phénomènes constituant la phase d'orogénèse.

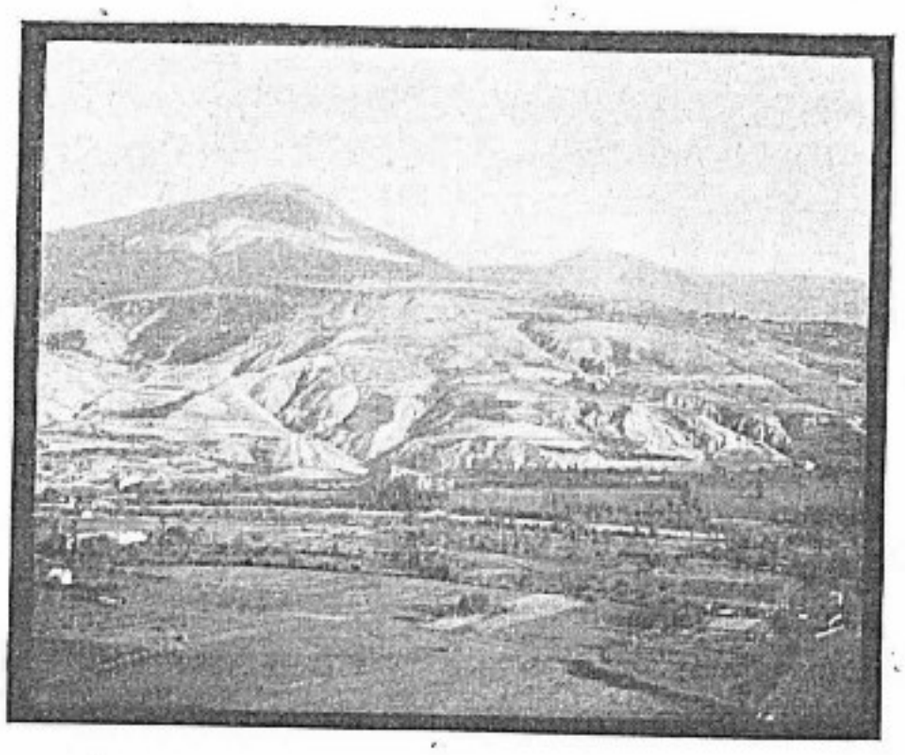


FIG. 5. — RAVINS DE SAINT-SAUVEUR, EN FACE D'EMBRUN, MONTRANT LA MARCHE RÉGRESSIVE DE L'ÉROSION.

Sitôt que, sous l'action de causes dynamiques internes, des reliefs apparaissent à la surface d'un continent, ces reliefs se trouvent soumis à l'action des agents dynamiques externes et, en particulier, des agents atmosphériques.

Les variations de température désagrègent les roches, les eaux chargées d'acide carbonique les dissolvent, le ruissellement entraîne les particules meubles, puis les torrents et les rivières entament profondément les flancs des montagnes et toutes ces forces réunies modifient totalement la forme des reliefs et donnent au terrain son *modelé*. C'est une nouvelle phase dans la succession des phénomènes géologiques qui commence, la phase de *glyptogénèse*. Nous sommes ainsi revenus à notre point de départ, nous voyons entrer en jeu les mêmes agents qui, au début du cycle, préparaient les matériaux de la sédimentation, et le cycle se trouve fermé. Dans les régions à précipitations normales, le modelé est l'œuvre combinée des agents atmosphériques et des eaux courantes. C'est là une conclusion qui s'impose avec force à tous ceux qui étudient de près la genèse des formes du terrain. Sous l'impulsion de W. Morris Davis une branche nouvelle de la géographie physique, la « géomorphogénie », a pris naissance en Amérique, qui s'est donné pour tâche cette étude; mais il y a longtemps que, sous une forme moins doctrinaire, les lois de la formation du modelé ont été établies en Europe par Surell, par Rütimeyer, par de la Noë, pour ne citer que des morts. C'est un jeune ingénieur des Ponts et Chaussées, en résidence à Embrun, Alexandre Surell, qui, dès 1841, basait sur l'étude des torrents alpins les lois du creusement des vallées par les eaux courantes.

Les cours d'eau possèdent une tendance à

régulariser leur lit en l'affouillant de l'aval vers l'amont (fig. 5), à partir d'un point fixe, d'un repère stable, que l'on appelle aujourd'hui *niveau de base* et qui, pour les torrents, est l'embouchure dans la rivière principale. Par suite de cette marche régressive de l'érosion, le lit d'un cours d'eau de montagne tend vers un *profil d'équilibre* formant une ligne concave vers le ciel; c'est, suivant l'expression de Surell, la « pente-limite », la pente qui convient le mieux à l'écoulement des eaux et à l'entraînement des matériaux; vers l'aval elle tend à se confondre avec l'horizontale, vers l'amont avec la verticale. Tant que ce profil d'équilibre n'est pas atteint, le torrent affouille son lit et agrandit sans cesse son bassin de réception, en entamant les flancs de la montagne.

Supposons que deux torrents travaillent en sens contraire sur deux versants séparés par une crête; lorsque les bassins de réception se rencontreront, la crête s'abaissera graduellement et il se formera un col, puis un simple seuil, réunissant les deux cours d'eau. Un réseau complexe de ruisseaux finira par débiter un massif montagneux en une série de monticules isolés, séparés par des vallées à fond plat. Les monticules *témoins* de l'ancien massif seront à leur tour attaqués par le ruissellement et par les eaux courantes, leur masse diminuera sans cesse, par suite de l'entraînement dans les vallées des parties ameublies par la désagrégation. Le relief s'atténuera de plus en plus et la région se trouvera transformée en une surface presque plane, en une *pénéplaine*, comme disent les auteurs américains. C'est là le terme final de l'action des eaux courantes.

Dans les régions désertiques le même rôle est dévolu aux sables poussés par le vent. Les phénomènes de corrosion aboutissent, comme les phénomènes d'érosion, à la destruction des reliefs.

Dans les régions polaires et dans les hautes montagnes, par contre, les glaciers, tout en surcreusant localement les thalwegs des vallées, protègent de l'action des eaux courantes, les surfaces qu'ils recouvrent.

Supposons maintenant qu'une pénéplaine subisse dans son ensemble un affaissement et qu'elle soit envahie par les eaux marines, ou, comme disent les géologues, qu'elle devienne le théâtre d'une *transgression*, sur son emplacement le fond de la mer sera le siège de nouveaux phénomènes de sédimentation, une nouvelle phase de lithogénèse commencera et un nouveau cycle succédera au premier.

Il résulte de ce qui précède que, dans une région donnée, les phénomènes géologiques se déroulent, comme autant d'événements nécessaires, dans un ordre déterminé. Les trois phases de lithogénèse, d'orogénèse, de glyptogénèse se succédant de telle façon qu'ils constituent un cycle fermé.

ÉMILE HAUG,

Professeur adjoint à la Faculté des sciences de l'Université de Paris.

SOCIOLOGIE

UN ESSAI DE PROPHYLAXIE SANITAIRE.

Il y a quatre ans, un de mes parents ayant un important commerce de graines à Paris, se décida à quitter la capitale, pour aller à 36 kilomètres, installer sa maison.

Il dut faire un effort énorme pour bâtir des magasins, acheter des terrains de culture, et pour décider à le suivre tout son personnel. Toute cette installation nécessita un an; mais cet effort accompli, mon parent me dit : « Maintenant tout va bien, mais je suis obsédé par la terreur de la maladie, en cette période de transition : la maladie pour moi ou pour l'un de mes chefs de service qui sont associés à ma fortune, la maladie, c'est la ruine. Je la crains d'autant plus, qu'il n'y a dans ce pays aucun médecin, dans un rayon de 5 kilomètres. »

J'exploitai aussitôt cette crainte salutaire et je lui fis comprendre qu'il y avait intérêt à garder en parfaite santé, non seulement lui-même, et ses chefs de service, mais encore les 15 employés qu'il avait amenés de Paris : qu'il fallait de plus que les femmes, les enfants de tous ses collaborateurs fussent bien portants, parce qu'on ne pouvait pas exiger un rendement sérieux d'un homme qui a passé la nuit près d'une femme malade, ou qui a des préoccupations sur la santé de son enfant. Je lui expliquai en d'autres termes la profondeur de cette maxime de mon regretté maître et ami, M. le professeur Rochard : « Toute dépense faite au nom de l'hygiène est une économie, car rien ne coûte aussi cher que la maladie, si ce n'est la mort », et je lui affirmai que je pouvais le mettre lui et les siens à l'abri de la maladie, du moins dans une très large mesure. C'était chez moi une conviction

arrêtée depuis longtemps, que l'homme idéalement bien portant ne doit jamais devenir malade, et qu'en tout cas, le médecin pouvait beaucoup pour empêcher la maladie de s'éterniser, de s'aggraver, de se transmettre, je la lui fis partager : comme mon parent a l'esprit ouvert à tout ce qui est progrès, et comme il est doublé d'un philanthrope, comprenant qu'il avait une sorte d'engagement moral à l'égard des familles ayant abandonné la capitale, pour suivre son sort, pour s'installer de la façon la plus médiocre dans des habitations de hasard, il s'associa sans hésitation à mon projet qui était de prévenir la maladie, non seulement dans sa famille, mais chez toutes les personnes faisant partie de sa maison de commerce (chefs de service, employés, domestiques, jardiniers, mécanicien, imprimeur, conducteur de l'automobile, etc., et même ouvriers et ouvrières à la journée).

L'expérience a donc porté sur une population composée de 44 hommes et 72 femmes et enfants, et à ce personnel justiciable de nos soins, nous ajoutâmes, en 1902, 3 institutrices laïques, que nous avons fait venir dans la localité pour remplacer les religieuses parties, plus leur mère, leur domestique, et une femme de charge s'occupant des tout petits enfants. La grosse difficulté était de faire adopter, dans ces diverses familles, ma manière de comprendre la prophylaxie des maladies; la nécessité des soins immédiats; de faire admettre partout qu'il n'y a point de petites maladies, que l'apparition du moindre symptôme anormal, de la moindre diarrhée, du moindre mal de tête, dénonce une défectuosité plus profonde qu'on ne le croit dans le fonctionnement de l'organisme, tout comme dans une administration l'existence d'une petite irrégularité dans le service, si elle n'est pas tout à fait accidentelle et passagère, indique un vice profond dans le fonctionnement de ladite administration. Or, pour m'aider à faire pénétrer ces saines doctrines, surtout pour en surveiller la stricte application, je demandai le concours du Dr Faucon, qui s'engagea à venir à la première réquisition téléphonique, en cas de maladie, et en outre à aller faire des visites sanitaires, dans toutes les familles successivement et dans l'école de temps à autre. Il s'acquitta de cette tâche difficile et délicate avec un zèle et une intelligence dont nous ne saurions trop le remercier, car en réalité; si l'idée de prophylaxie m'appartient, c'est à lui que revient l'honneur de l'avoir appliquée et, en sociologie comme ailleurs, l'idée n'est rien, l'application est tout. Présenté par mon parent et par moi dans les diverses familles, le Dr Faucon fit donc la connaissance approfondie de tous les membres de la famille, prodiguant les conseils d'hygiène, surveillant les cabinets d'aisances, installant des filtres, etc. Il donna partout des conseils sur l'alimentation; il s'attacha surtout à démontrer qu'il ne fallait pas attendre qu'on fût bien malade pour appeler le médecin. Il expliquait aux familles que la maladie peut être comparée à un incendie qu'on éteint avec un seau d'eau au début, alors que si l'on temporise, il ne reste plus qu'à faire la part du feu. Il dota toutes les familles d'un thermomètre et, sans se borner à donner des explications vagues sur l'usage de cet instrument, il fit prendre devant lui les températures et obtint la promesse formelle que chaque fois que le thermomètre marquerait 38, il serait prévenu par téléphone. Il apprit aux mères à regarder la gorge des enfants, même bien portants pour que, en cas de maladie, elles puissent donner des soins immédiats, c'est-à-dire faire des irrigations. Il mit tout le monde en garde contre les dangers de la grippe négligée et apprit à faire usage de la quinine au début de cette maladie. Il s'évita par là bien des dérangements inopinés: Pour arriver à faire pénétrer ces saines notions dans les familles, à lui confiées, il n'employa pas moins de douze séances de trois à quatre heures, mais ce ne fut pas du temps perdu. Toutes ces familles composées de gens intelligents n'eurent pas de peine à comprendre le but poursuivi et l'intérêt qu'il pouvait y avoir à prendre ainsi la maladie dès son début.

Pendant la première année, notre jeune confrère eut fort à faire. C'étaient souvent des dépêches ou des appels téléphoniques, pour des misères insignifiantes, mais sa patience était inlassable, il se rendait sans retard à toute réquisition, persuadé qu'il y avait toujours quelque chose à faire et que son dérangement n'était jamais inutile, puisqu'il avait toujours quelques conseils à donner quelque part. D'ailleurs, peu à peu le zèle qu'il montra, l'estime et la considération qu'il obtint, rendirent de plus en plus discrètes les demandes de visites d'urgence et, au bout d'une année, tout le monde était stylé, M. Faucon ne fut plus appelé qu'accidentellement. On prenait le soin de lui dire le degré d'urgence de sa visite; le plus souvent encore, les malades se rendaient à sa consultation à Paris. Bref, le service devint aussi facile qu'agréable et intéressant.

M. Faucon arriva à n'aller à ladite campagne qu'une ou deux fois par mois, pour ainsi dire qu'à ses moments perdus, afin de surveiller l'hygiène de chacun et sans être appelé par personne.

Mais, dira-t-on, s'il était survenu une maladie exigeant deux visites par jour, une fièvre typhoïde grave, par exemple? Eh bien! M. Faucon aurait pris ses dispositions en conséquence. Comme il s'interdisait de voir à B... d'autres malades que ceux de la maison C... il n'avait pas de raison pour être en mauvais termes avec les confrères des localités voisines et il se serait arrangé avec eux, s'il avait eu besoin de leur concours; d'ailleurs la station de B... n'est qu'à 1 heure de Paris, en tout cas l'éventualité ne s'est jamais présentée et, ainsi que nous allons l'exposer, M. Faucon a été à la hauteur des exigences de toutes les situations. Disons enfin que toutes les observations sont prises comme dans le service d'hôpital le mieux tenu, chaque malade a son dossier confié à la mère de famille, de façon qu'en l'absence de M. Faucon, un autre médecin puisse être au courant du passé pathologique de chacun. Nous-même avons pris plusieurs de ces observations. Je me rappelle, entre autres, une jeune employée atteinte de sciatique qui était tout étonnée de me voir l'interroger sur tout son passé, de me voir interroger sa mère pour savoir comment la malade avait été nourrie? De quoi son père était mort? etc.

Personne dans la famille ne comprenait cette insistance, à propos d'une simple sciatique, mais

après cette visite de trois quarts d'heure, j'avais conquis toutes les sympathies, et M. le docteur Faucon était introduit dans la place.

Notre thérapeutique est en général des plus simples : presque pas de médicaments, mais une préoccupation toute spéciale pour l'hygiène alimentaire, emploi judicieux du tob quotidien, tob tiède, froid, des applications loçales froides, chaudes, au moyen des petits appareils très pratiques préconisés par M. le professeur Robin (*Soc. de thérap.*, 1901) sous le nom de dermophores; sacs d'eau chaude, etc.

Nous ne regrettons que médiocrement l'absence d'installations hydrothérapiques luxueuses... D'ailleurs nos regrets seraient superflus, car on aura fait un immense progrès au pays de B... quand la municipalité y aura installé une baignoire. Avec ces moyens si primitifs, si limités, mais grâce au zèle de M. le docteur Faucon et à l'intelligence de la population confiée à ses soins, nous sommes arrivés à des résultats dépassant toute espérance.

La malade ayant donné le plus d'inquiétude a été une jeune femme atteinte de diphtérie; mais, prévenu dès le début de la maladie, M. Faucon avait pu apporter du sérum antidiphtérique. Une rigoureuse antisepsie buccale faite aux quatre autres personnes de la famille, empêcha la maladie de se propager et la malade était guérie avant même que l'examen bactériologique eût confirmé la nature de la maladie. Une malade atteinte de grossesse extra-utérine donna aussi beaucoup de préoccupations à M. Faucon; ayant fait le diagnostic, il l'envoya en temps utile à Paris, où elle fut opérée dans le service de M. Duplay et, trois semaines après, elle revenait guérie. La scarlatine atteignit trois fois en trois ans la petite population dont nous parlons; elle n'existait pas dans le village, elle avait été contractée on ne sait où. Mais ce qu'il y a de bien certain, c'est que ces trois cas restèrent sporadiques, grâce aux précautions d'isolement prises dès le début, les scarlatineux ne contaminèrent personne, et trois sérieuses désinfections, contribuèrent à empêcher la maladie de se propager dans le pays.

Je me permets, par parenthèse, de faire remarquer combien il est rare qu'on fasse ainsi de la désinfection sérieuse à 36 kilomètres de Paris.

Alors qu'une épidémie de rougeole régnait dans le pays, trois de nos enfants furent contaminés, mais, détail intéressant, malgré la contagiosité presque inévitable de la rougeole, M. Faucon fut assez heureux pour n'avoir qu'un seul cas intérieur : les frères, les sœurs des enfants atteints, tous les enfants susceptibles de prendre la maladie, en un mot, furent placés dans des familles d'autres employés, n'ayant pas d'enfants, chacun comprenant sans peine que la solidarité n'est pas un mot vide de sens.

Nous avons eu la bonne fortune de voir se guérir d'une broncho-pneumonie grippale, la belle-mère d'un des principaux employés, âgée de soixante-treize ans. Nous ne comptons pas les angines qui ont été guéries en quelques jours par des irrigations bien faites, quelquefois même sans que le médecin ait été appelé.

La population à laquelle nous nous intéressons, est encore peu prolifique : six enfants sont nés depuis trois ans, mais tout fait espérer qu'elle le deviendra de plus en plus, quand la véritable aisance aura pénétré dans toutes les familles. D'ailleurs les mariages se multiplient : dans la dernière année, il y en a eu trois. M. C... les voit toujours d'un bon œil, à l'inverse d'autres chefs de maison qui, depuis la loi sur les accidents du travail, ne veulent employer que des célibataires.

D'ores et déjà, tout enfant naissant reçoit un carnet de Bébé de Lescasse et l'alimentation du nouveau-né est soumise à la plus stricte observation; les enfants sont pesés tous les mois environ; inutile de dire que l'alimentation au sein maternel est en grand honneur à B..., que les vaccinations sont pratiquées avec le plus grand soin, etc. Bref! nous n'avons eu en trois ans à déplorer qu'un décès. C'est chez un enfant de vingt jours, mort par suite d'érysipèle du cordon, et nous avons eu très peu de malades. Partout la santé est florissante, l'alcoolisme est inconnu. Presque tous les employés et ouvriers font partie, sans que personne ait fait la moindre pression, de la ligue antialcoolique.

Sur nos conseils on suspend le travail tous les jours vers cinq heures pour donner à tous le loisir d'aller prendre dans une salle disposée à cet usage, soit du thé, soit du café et du pain, à titre gracieux bien entendu.

Le travail est dur à B... à certaines périodes de l'année. Mais M. C... fait l'impossible pour donner à tout le monde deux heures pour le repas de midi; les ouvrières ont même 2 heures 1/2, pour pouvoir aller préparer le repas.

Tous ont droit à quinze jours de congé payé par année, et, en cas d'indisponibilité par maladie, les appointements ne sont jamais suspendus. Mais la maladie est tellement rare que le budget de M. C... n'est presque pas obéré de ce chef, il n'est obéré que par les honoraires du médecin, puisque c'est M. C... qui se charge de faire donner gratuitement tous les soins médicaux. A vrai dire, le hasard a voulu qu'il n'y ait dans le personnel dont nous parlons, aucun tuberculeux, mais dans l'avénir tout nouvel arrivant sera examiné par M. Faucon ou par moi, avant d'être accepté dans la maison, et s'il est tuberculeux ou candidat à la tuberculose, ou si sa femme est atteinte, il sera impitoyablement refusé, dans l'intérêt commun. Les spécifiques ne seraient pas traités aussi sévèrement; nous les accueillerions même avec une bienveillance toute spéciale, à la condition, toutefois, qu'ils ne nous dissimulent pas leur maladie.

Nous voudrions protester hautement contre le ridicule préjugé qui règne en France, sur ce qu'on nomme encore « les maladies honteuses », et prouver que les spécifiques bien traités peuvent avoir de magnifiques enfants, à la condition de faire ce que M. le professeur Pinard appelle si judicieusement une retraite, et un traitement convenable en temps opportun. Hâtons-nous d'ajouter que le secret professionnel leur serait assuré, comme il l'a été à l'un des employés de la maison, traité pendant six mois pour une syphilis qui menaçait d'être méchante, et personne ne saura jamais le nom de cette victime, d'ailleurs innocente, de l'odieuse maladie.

Tel est le résultat de notre essai de prophylaxie sanitaire,... j'allais ajouter... et morale... J'aurais

beaucoup à vous dire, en effet, sur les résultats moraux de cette synergie d'efforts entre les médecins, le directeur de la maison de B... et les employés et ouvriers assistés gratuitement.

Vous concevez sans peine quels liens de plus en plus intimes unissent toutes ces personnes intéressées directement à l'œuvre commune, et n'ayant qu'un ennemi commun, « la maladie ». Les docteurs attachés à l'œuvre prophylactique jouissent déjà d'un crédit illimité.

Je ne fais pas un jeu de mots et quand je parle de crédit, je ne fais pas allusion à la question des honoraires : il est bien entendu sur ce point que toute dépense faite au profit du médecin, se solde par une économie.

Je parle surtout du crédit moral. M. Faucon et moi croyons avoir fait déjà beaucoup de bien dans cette petite agglomération de B... et nous ne sommes qu'au début de l'expérience. Nous avons l'espoir pour l'avenir, non seulement de vaincre la maladie, mais de faire de tous les enfants que nous voyons naître, des hommes robustes et des femmes irréprochables, avec le concours des institutrices que nous avons choisies et amenées à B...

Elles seront de véritables collaboratrices dans l'avenir. Nous nous proposons en effet d'introduire dans notre école, une foule de perfectionnements dont bénéficieront non seulement nos enfants, mais tous ceux de la région, — ils sont déjà au nombre de 100, — gymnastique suédoise, propreté méticuleuse, notions d'hygiène données par les institutrices qui ont l'esprit ouvert à tout progrès, introduction d'un dentiste qui viendra chaque semaine visiter les bouches des enfants; etc.

C'est en effet par l'école enfantine qu'il faut commencer l'éducation, c'est par l'école qu'il faut faire résorber le vice. M. C... en est, comme nous, convaincu; aussi n'épargne-t-il ni ses soins, ni son temps, ni sa peine, ni son argent, pour donner à cette école l'impulsion nécessaire, et voilà pourquoi j'ai fait mention, au début de ce récit, des institutrices faisant partie de notre colonie sanitaire.

Inutile d'ajouter que toutes les personnes qui reçoivent ainsi des soins peu ordinaires et gratuits sont très reconnaissantes à mon parent de ce qu'il fait pour eux, d'autant plus qu'il ne les oblige en rien à recourir à nos soins médicaux, et qu'il les laisse absolument libres de prendre d'autres médecins que M. Faucon et moi. Voire même il se charge de payer les honoraires des médecins étrangers qui sont appelés par hasard!

***

Ainsi l'expérience est concluante, elle date déjà de trois années, les résultats sont excellents, une bonne orientation a été donnée dans chaque famille. Nous considérons donc notre œuvre comme viable et nous sommes convaincus qu'elle pourrait servir d'exemple dans une foule d'agglomérations humaines, au grand bénéfice des médecins, des familles et des patrons...

Quel destin lui est-il réservé? Un jeune confrère vient de s'établir à B..., c'est de lui que va dépendre le succès de notre tentative. M. Faucon et moi avons cru bien faire, de lui confier la tâche commencée par nous, et de le présenter à M. C... qui l'a immédiatement agréé. Étant sur les lieux, il aura encore plus de facilités que nous pour faire de l'hygiène prophylactique; pour aller voir à ses moments perdus les familles bien portantes, aussi souvent qu'il le jugera convenable et utile; pour donner ses soins *immédiats* aux malades; pour surveiller l'école, etc. Ni nos conseils, ni notre concours en cas de circonstances difficiles ne lui feront défaut, s'il les demande. Le terrain lui sera donc bien préparé... et j'espère qu'avec sa collaboration, je pourrai de trois ans en trois ans, présenter un rapport de plus en plus satisfaisant sur l'état sanitaire et moral de notre petite colonie.

Dr BURLUREAUX,
Professeur agrégé libre de l'École du Val-de-Grâce.

Tribune libre d'Enseignement expérimental.

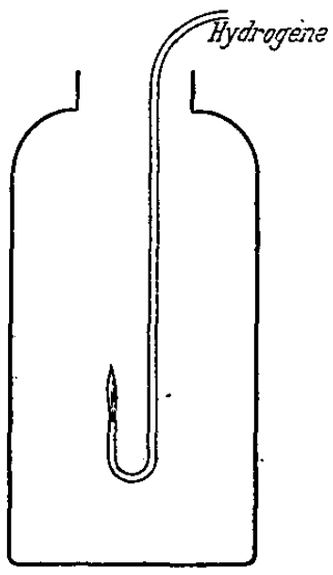


FIG. 1.

Combustions dans le chlore.

1° Si dans un flacon plein de chlore on introduit un jet d'hydrogène allumé (fig. 1), la combustion continue et l'on voit se dégager du flacon d'abondantes fumées blanches d'acide chlorhydrique qui rougissent le papier de tournesol.

Souvent la combustion est accompagnée d'un bruit rappelant l'harmonica chimique.

La flamme d'hydrogène dans le chlore est blanchâtre. Elle constitue un réactif du cuivre très sensible. En effet, un fil de platine plongé dans une liqueur contenant des millionièmes de chlorure de cuivre ou de sulfate additionné d'acide chlorhydrique communique à la flamme une coloration bleue très nette.

2° On sait qu'une bougie plongée dans le chlore, brûle avec une flamme fuligineuse et un dépôt de charbon.

Il en est de même de la flamme du gaz d'éclairage. Mais en réglant convenablement les proportions du gaz et du chlore (en maintenant toujours le chlore en excès), on arrive à faire brûler sans fumée le gaz d'éclairage. La flamme est même plus brillante que dans l'air.

Le gaz d'éclairage doit arriver dans le flacon de chlore par un tube effilé et produire dans l'air une flamme de 5 à 6 millimètres de hauteur.

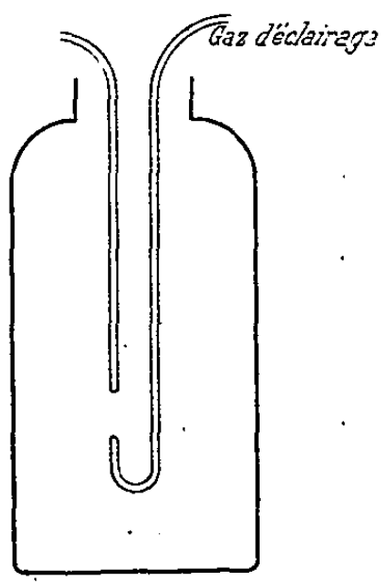


FIG. 2.

Communiqué par M. CROSNIER,
Chef des travaux chimiques
à l'École supérieure des sciences de Rouen.

Tribune libre d'Enseignement expérimental.

Préparation de clichés dessinés pour projections.

On prend des lames de verre finement dépoli, aux dimensions 8/10 ordinaires des vues pour projection; et l'on dessine du côté dépoli la figure à projeter. On y arrive très aisément sans la moindre difficulté. On peut employer pour cela le crayon graphite ordinaire, l'encre de Chine à la plume ou au tire-ligne. Les ombres se font à l'estompe avec du crayon graphitique. On peut même améliorer le dessin et le rendre plus intéressant au moyen de traits en couleur. La transparence du verre permet encore de calquer le dessin s'il a des dimensions convenables.

Le dessin bien sec, ce qui demande quelques minutes, est enduit, sur le côté dépoli toujours, d'une couche de baume du Canada. On applique une lame de verre transparente de même dimension 8/10, sur le baume en prenant soin de faire glisser les bulles d'air qui resteraient emprisonnées, et l'on abandonne le cliché pour faire sécher le baume sur la tranche.

Ce procédé, qui n'a pas du tout la prétention de remplacer le cliché photographique, peut rendre des services appréciables dans nombre de cas. Je possède quelques vues et dessins d'appareils, exécutés par des élèves, qui sont d'une transparence parfaite et rendent très bien en projection.

Au point de vue pédagogique, le procédé indiqué permet de faire ressortir, par des gros traits, le détail important d'un appareil ou l'organe essentiel que l'on se propose d'examiner pendant la conférence.

Cependant il a le défaut d'exiger un assez long temps pour sécher le baume, et l'on doit s'y prendre d'avance pour la préparation des clichés. En outre, les couleurs d'aniline, le crayon conté, ne peuvent être utilisés qu'avec quelques précautions, car les traits colorés ainsi fusent dans la benzine ou le xylol qui a servi pour dissoudre le baume.

P. MERLIN,
Professeur au Collège de Châlons-sur-Marne.

Hydrostatique.

On peut illustrer les principes fondamentaux de l'hydrostatique au moyen de l'appareil représenté figure 3 constitué par une boîte en forme de parallélipipède rectangle et dont l'une des faces est vitrée.

Les faces de la boîte présentent des trous d'égales dimensions fermés par des membranes de caoutchouc (m) sur lesquelles s'appuient des leviers indicateurs (l).

Le plafond de la boîte est traversé :

1° Par deux tubes, à entonnoir (a et b); l'un est recourbé de manière à présenter son extrémité élargie en haut et au même niveau que l'extrémité de (a). Ces deux tubes contiennent de l'eau jusqu'au niveau (n) par exemple et sont fermés chacun par une membrane en caoutchouc.

2° Par un tube c portant à sa partie inférieure un petit ballon e en caoutchouc. Ce tube contient de l'eau jusqu'à un certain niveau n'.

3° Par un tube d ouvert à ses deux bouts et présentant latéralement deux orifices O et O′ ouverts dans une poire en caoutchouc.

4° Deux trous dont les sections sont dans le rapport de $\frac{1}{2}$. Ces trous sont recouverts de membranes en caoutchouc, sur lesquelles reposent des poids p et p' également dans le rapport $\frac{1}{2}$.

On verse de l'eau dans le tube d, de manière à amener le niveau dans le tube jusqu'en h, par exemple, et on observe :

1° Que tous les leviers accusent une pression, mais qui va en diminuant de bas en haut;

2° Les leviers 1 et 2 placés dans un même plan horizontal indiquent que les pressions à ce niveau sont égales.

3° Si l'on a pris soin de contracter légèrement la poire, avant de faire arriver l'eau en h, on pourra, en la contractant davantage, ou en l'abandonnant à elle-même, faire monter l'eau au-dessus de h, ou la faire descendre

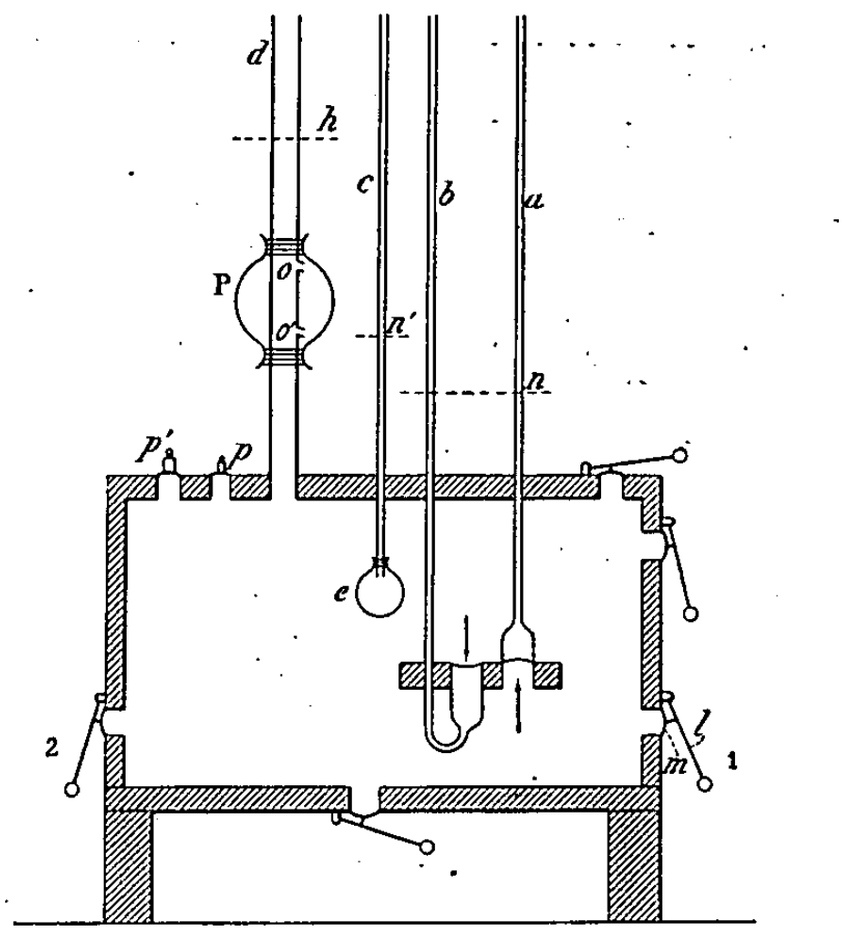


FIG. 3. — RÉPARTITION DES PRESSIONS DANS LES FLUIDES.

au-dessous. Il sera toujours facile dans les deux cas, soit en enlevant, soit en ajoutant de l'eau dans le tube d, de ramener le liquide au niveau h. Le tube d remplace donc les trois vases de l'appareil de Masson, et l'observation des leviers nous indique que les pressions sur le fond et les parois du vase sont indépendantes de la forme de celui-ci;

4° Quand on verse de l'eau en (d) le niveau monte dans les deux tubes (a et b), mais de la même quantité, ce qui montre l'existence de pressions de haut en bas (b) et de bas en haut (a), et de plus que ces pressions sont égales, quand les éléments qui les supportent sont égaux et placés dans un même plan horizontal;

5° En observant le tube (c), on voit le niveau n' monter ou descendre quand on contracte ou dilate la poire (P). On remarque, en même temps, que le ballon (e) exécute les mêmes mouvements que la poire, et que dans ses mouvements le ballon reste sensiblement semblable à lui-même, ce qui nous indique l'existence de pressions normales à sa surface. Théoriquement, on peut concevoir un ballon assez petit pour que, sous l'influence de l'augmentation de pression, il se réduise à un point, et conclure à l'égalité de pression en tous sens, autour d'un point pris à l'intérieur d'un liquide;

6° Si après avoir noté les angles que font les leviers, avec les faces respectives de la boîte, on exerce une pression sur le liquide du tube (c), soit au moyen d'un piston, soit en versant de l'eau dans le tube, soit encore en contractant la poire, on remarque que les angles augmentent de la même quantité, et si les poids p et p' sont convenablement choisis, les poids sont soulevés simultanément. Ce qui démontre le principe de Pascal.

Communiqué par M. AMAUDRUT,
Professeur au Lycée de Vesoul.

Cet appareil est ingénieux, mais peut-être un peu compliqué à construire. Il faut d'ailleurs admettre (6) que la déformation des membranes serties est proportionnelle aux pressions qu'elles supportent. De plus est-il facile d'observer le soulèvement *simultané* des deux poids, etc. Ce sont là des questions de détail qui ne diminuent en rien la valeur de la manipulation proposée. G. M.

VARIÉTÉ

CE QUE LES ANIMAUX MARINS CONNAISSENT DU MILIEU EXTÉRIEUR.

Avec la fâcheuse tendance que l'on a de se représenter les animaux inférieurs sous l'aspect de personnages animés de sentiments presque humains, de leur attribuer des qualités et des défauts, des vertus et des vices, on a négligé toute observation sérieuse de leurs mœurs; on discute beaucoup sur l'instinct et l'intelligence des animaux, sans même s'être donné la peine de rechercher ce qu'ils peuvent connaître du milieu extérieur.

Mœurs des Pagures.

L'histoire des Pagures ou Bernhards-l'Hermite est instructive à cet égard.

Ce sont des crustacés décapodes, c'est-à-dire à dix pattes, assez semblables à des « homards en miniature », qui, se trouvant sans abri au fond de la mer, se sont logés dans les cavités naturelles de certains corps qu'ils promènent avec eux ou dans lesquels ils rentrent quand ils sont menacés; ces corps sont le plus souvent des coquilles vides enroulées en hélice, comme celle de l'Escargot, quelquefois des tubes fabriqués par d'autres animaux, des pierres excavées, des bois perforés et même des Éponges; l'abdomen, qui a une protection très efficace, est devenu mou; en général, il est légèrement recourbé à droite pour s'adapter à la spire de la coquille; il adhère aux parois de celle-ci au moyen d'appendices transformés en crochets.

Par leurs mœurs curieuses, les Pagures ont attiré l'attention des observateurs depuis la plus haute antiquité. Ce qui a le plus frappé l'imagination des hommes, c'est que ces animaux ne vivent pas seuls; sur la coquille qu'ils habitent peuvent être fixés une foule d'organismes : Éponges, Alcyons, Bryozoaires incrustants, Hydraires formant une sorte de manteau vivant, Actinies ou Anémones de mer aux couleurs brillantes toutes couvertes d'organes sécrétant un liquide urticant; à l'intérieur se promène une Néréide (fig. 1), ver annelé au corps souple et ondulé, « armé le long des flancs de faisceaux de lances, de piques et de poignards ». Le crustacé est protégé par l'anémone et par la néréide : la première, par son contact brûlant, éloigne beaucoup d'ennemis, comme les Tortues et les Poulpes, la seconde blesse mortellement les animaux qui s'aventurent dans la coquille; malgré cela quelques petits crustacés trouvent le moyen de s'installer sur le corps du Bernhard et d'y vivre en parasites, subissant d'ailleurs toutes les déchéances qui caractérisent ce mode d'existence. L'actinie et la néréide retirent aussi un profit de l'association : elles peuvent se nourrir plus facilement; menant la vie errante du Pagure, elles ont plus d'occasion de rencontrer des proies que celles qui vivent aux rochers; souvent aussi elles empruntent quelques morceaux aux repas du crustacé. On ne s'est pas contenté de constater les bénéfices réciproques de cette association entre animaux si disparates; poussé par le besoin d'idéaliser leurs actes, on a vu en ceux-ci des marques indéniables d'une amitié réciproque; des récits fort touchants nous montrent les relations du Pagure et de l'actinie, tel celui du lieutenant-colonel Stuart Wortley rapporté avec enthousiasme par Van Beneden dans son livre : *Les commensaux et les parasites*. « Le Pagure ne manque jamais d'offrir après la pêche les meilleurs morceaux à sa voisine et s'assure très souvent, dans la journée, si elle n'a pas faim. Mais c'est surtout quand il s'agit de changer de demeure qu'il redouble de soins et d'attention. Il manœuvre avec toute la délicatesse dont il est capable pour faire changer l'anémone de coquille; il vient à son aide pour la détacher, et si par hasard la nouvelle demeure n'est pas goûtée, il en cherche une autre, jusqu'à ce que l'actinie soit complètement satisfaite. »

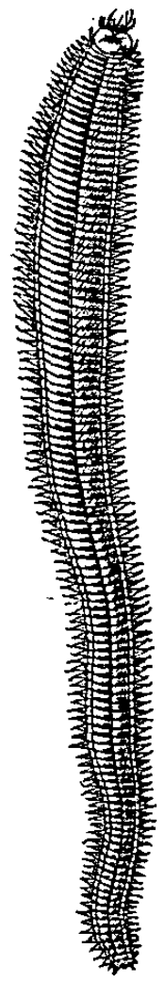


FIG. 1. NÉRÉIDE.

Tout cela est très beau, mais il faudrait prouver au préalable qu'un Bernhard-l'Hermite connaît réellement son anémone. Connaît-il seulement la coquille qu'il habite? Des expériences qui viennent d'être faites à l'*Institut général psychologique* montrent que cette connaissance est très imparfaite.

Perception du relief d'un corps. — Les Bernhards-l'Hermite perçoivent avec leurs yeux les multiples variations de l'éclairement : les ombres les plus faibles leur servent de signaux avertisseurs à l'approche des ennemis; dès qu'une de ces ombres atteint la cornée, le crustacé se rétracte brusquement dans sa coquille. Mais les sensations visuelles ne semblent pas guider les Pagures dans la recherche des

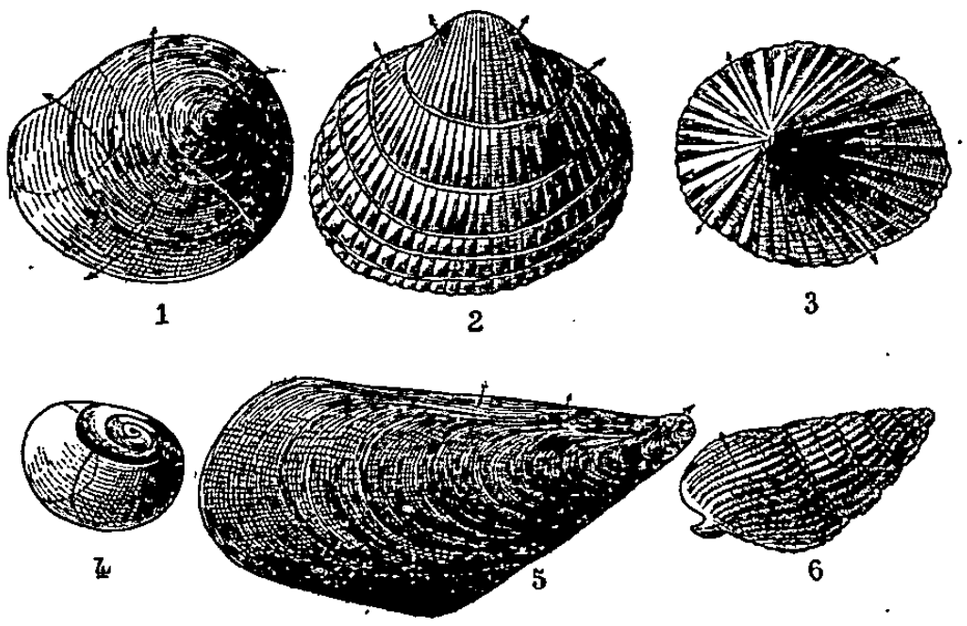


FIG. 2. — TYPES DE COQUILLES.

coquilles; celle-ci se fait aussi promptement après section des pédoncules oculaires.

Ces crustacés possèdent aussi une merveilleuse sensibilité tactile, qui les renseigne sur les objets qu'ils rencontrent; il suffit que l'extrémité d'un seul doigt vienne toucher la surface d'une coquille pour que l'animal cherche à l'explorer; la même réaction se produit toutes les fois qu'il s'agit d'une surface calcaire rugueuse quelconque : le Bernhard cherche à percevoir le relief de l'objet dont fait partie cette surface; toutefois l'exploration ne se poursuit que si l'objet offre certaines ressemblances de forme avec des coquilles habitables et elle se fait différemment suivant les diverses formes.

Ces formes sont excessivement variées : quelques-unes sont indiquées dans la figure 2, mais elles peuvent se ramener à trois principales, la sphère (1, 4), le cône dressé (3), le cône incliné (5, 6).

Quand la coquille est globuleuse, le crustacé l'enveloppe de son corps qui se courbe en une demi-circonférence et de ses longues pattes arquées (fig. 3), puis les pinces, qui prennent appui vers le bas, font tourner la sphère sur elle-même, de manière à amener l'orifice en dessus. Rien n'est plus curieux que de voir les jeunes Pagures imprimer un mouvement de rotation aux coquilles de Littorines qu'ils rencontrent : l'opération est effectuée en un clin d'œil, avec une précision mathématique.

La même opération devient plus difficile lorsqu'il s'agit d'une coquille conique, la rotation ne pouvant s'effectuer qu'autour d'un seul axe, l'axe du cône; quand le cône est dressé, le Bernhard se place suivant une des lignes de plus grande pente, la tête en bas, et fait tourner la coquille au moyen de ses pattes disposées latéralement; quand le cône est incliné, il essaie souvent de faire tourner la coquille comme précédemment autour d'un axe vertical, mais alors son attitude varie constamment par rapport à la spire, et il est dérouté; peu à peu il s'adapte à la rotation autour d'un axe horizontal, appliquant son corps disposé en arc sur un fragment de la spire.

Dans tous les cas, lorsque le Pagure aborde l'ouverture de la coquille, ou *péristome*, son corps est appliqué, la tête en bas, sur une surface courbe inclinée. Il y a là une attitude toute spéciale dont l'animal a certainement une vague conscience, et, chose très curieuse, il suffit d'imprimer à la bête cette attitude pour l'induire en erreur. Si, sur la valve calcaire d'une Moule, d'une Huître, le Bernhard trouve à s'appliquer sur une portion de surface courbe et inclinée, on le verra chercher avec acharnement en bas de la pente un orifice qui n'existe pas, alors même qu'un peu plus haut on a pratiqué un orifice artificiel. Les flèches dans la figure 2 indiquent les positions du Pagure qui induisent celui-ci en erreur.

Les animaux, d'une façon générale, sont infiniment plus exposés que l'homme à commettre des erreurs; Hachetsouplet, dans un joli livre sur l'*Examen psychologique des animaux*, a distingué deux sortes d'erreurs : les erreurs intellectuelles des animaux supérieurs, dues à de fausses associations d'idées, et les erreurs des animaux inférieurs qui, comme celles des Bernhards-l'Hermite, sont dues à ce que chez ces animaux les diverses impressions ne sont pas encore suffisamment associées et ne fournissent pas une connaissance concrète des objets. Un Pagure ne connaît pas sa coquille, puisqu'il se laisse tromper par des

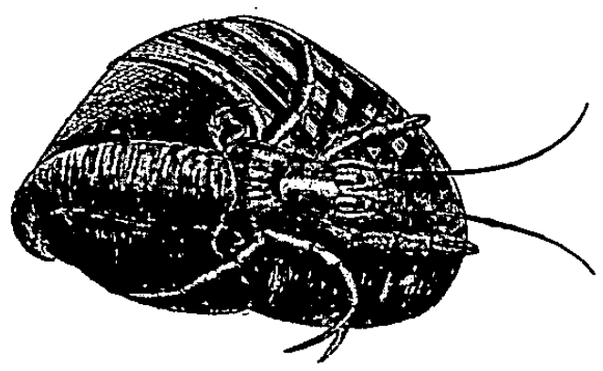


FIG. 3. — PAGURE A LA RECHERCHE D'UNE COQUILLE.

valves calcaires inhabitables, par des cailloux, par des objets en verre; il perçoit seulement certaines qualités communes à toutes les coquilles qu'il peut habiter (degré de courbure, pente), qualités en quelque sorte abstraites puisqu'elles sont indépendantes des objets qui les présentent, et dont la perception peut l'induire en erreur.

Les enfants commettent fréquemment des erreurs du même ordre : ils perçoivent une des qualités d'un objet, la considérant indépendamment de l'objet, ce qui les conduit parfois à des rapprochements curieux; ils désignent sous le même nom deux objets qui nous paraissent absolument différents, mais qui ont une qualité commune; un enfant, qui vivait au milieu de personnes vêtues de deuil et qui connaissait le mot *robe*, l'employa un jour pour désigner un livre relié en noir; une fillette de deux ans, qui prononçait le mot *lourd* lorsqu'elle essayait de soulever un seau plein de sable, employa *tout à coup* le même mot la première fois qu'on l'exerça à descendre une pente sableuse et qu'elle éprouva dans les jarrets la même sensation d'effort qu'elle éprouvait d'habitude dans les bras en soulevant le seau.

Nous ferons remarquer que c'est également par le sens musculaire que les Pagures apprécient le degré de courbure d'une surface, l'inclinaison d'une pente.

Perception d'un trou. — On a dit souvent que les Pagures pénétraient dans tous les trous qu'ils rencontraient, dès qu'ils les rencontraient, et qu'ils avaient l'idée abstraite de *trou*. Or, l'observation portant sur les Bernhards-l'Hermite de nos côtes (*Eupagurus bernhardus*) semble contredire ces assertions. Lorsqu'un de ces animaux se trouve en présence d'un trou quelconque, pratiqué dans l'argile, la pierre ou le bois, il explore l'orifice, mais hésite à pénétrer; ce n'est qu'à la longue qu'il se décide parfois. Si on assimilait le Pagure à l'homme, idéalisant ses actes comme l'ont fait Stuart Wortley et beaucoup d'autres, on pourrait dire que le crustacé à l'entrée d'une cavité est partagé entre deux sentiments différents, est sollicité à la fois par la peur de rencontrer au fond de l'antre obscur des ennemis cachés et par le désir de trouver un abri confortable contre les ennemis visibles qui peuvent l'assaillir.

Le Pagure explore toujours avec ses pinces la cavité qui lui est offerte, mais cela ne lui suffit pas; il a besoin de ressentir dans le voisinage du trou les impressions qu'il a l'habitude de ressentir lorsqu'il rencontre l'orifice d'une coquille normale. Si le trou est disposé au bas d'une pente argileuse, il s'y engage parfois; en disposant le péristome d'une coquille à l'entrée de la cavité, on favorise de même la pénétration, mais l'animal fouille autour du péristome comme pour chercher quelque chose. Ce quelque chose c'est le relief même de la coquille; en effet, si le trou est constitué par la cavité d'une coquille incluse dans l'argile jusqu'au péristome, le Pagure n'y pénètre qu'après avoir dégagé suffisamment la coquille pour percevoir les éléments de la forme (courbure) qui le guident d'habitude.

La perception de la cavité de la coquille ne suffit pas au Pagure : il lui faut, avant d'y pénétrer, percevoir le relief de la coquille. Ceci indique un souvenir, probablement héréditaire, d'une succession d'impressions.

Perception du confort d'une habitation. — C'est seulement lorsque les Pagures ont pénétré dans la cavité d'un objet qu'ils peuvent se rendre compte si leur nouvelle demeure est suffisamment confortable : leur abdomen peut se trouver trop à l'étroit, ou subir, dans une cavité de forme anormale, une déformation susceptible de déterminer un malaise qui les incite à changer de coquilles.

Les Bernhards-l'Hermite changent incessamment de coquille jusqu'à ce qu'ils aient trouvé une demeure suffisamment confortable; les larves qui nagent encore paraissent plus difficiles que les adultes : elles n'hésitent pas à quitter une coquille défectueuse; les adultes, en réalité, sont plus prudents, ils attendent pour quitter une coquille qu'ils en aient rencontré une autre, et encore ils ont soin de ne pas lâcher la coquille qu'ils quittent avant d'avoir fait la comparaison.

Souvent deux Pagures se disputent une même coquille, mais les combats qui en résultent sont rarement mortels.

Il semble, enfin, que dans certains cas les changements de coquille n'aient aucune utilité : un Pagure passe alternativement d'une coquille dans l'autre, en quelque sorte pour déployer son activité; ces exercices tout spontanés ont été comparés à des jeux.

Biologie des Convoluta.

La psychologie d'un animal qui vit dans le sable est bien différente de celle d'un animal qui vit dans une coquille. Celui-ci, comme nous l'avons constaté à propos du Pagure, a acquis une certaine connaissance des objets qui l'entourent; celui-là, au contraire, a des connaissances indépendantes des objets. Les *Convoluta* sont remarquables à cet égard. Ce sont de petits vers plats, guère plus gros que les plus volumineux des grains de sable, et couverts de cils locomoteurs (Turbellariés); ils vivent sur les plages sableuses; après le retrait de la mer ils viennent former à la surface des taches d'un vert intense; en effet tout leur corps est parasité par des algues vertes microscopiques qui ont le pouvoir, comme la plupart des plantes, d'utiliser l'énergie des rayons solaires pour fabriquer aux dépens de l'acide carbonique environnant de la matière organique; on conçoit que ce phénomène d'assimilation est très intense lorsque les plages à marée basse sont fortement ensoleillées. Quand l'eau revient, les *Convoluta* s'enfoncent dans le sable, car sans cela, vu leur petitesse, elles seraient entraînées par les vagues ou bien écrasées. Le moindre choc les avertit du danger et elles disparaissent: il suffit de jeter un caillou à la surface du sable pour voir la teinte verte disparaître. Les *Convoluta* fuient en suivant la verticale, et, habituées à descendre à chaque marée, lorsque la mer revient, elles conservent cette habitude en aquarium.

Quand on n'assimile pas un animal à un homme, c'est pour l'assimiler à une machine; on a dit de la *Convoluta* que c'était : *un fil à plomb vivant* et une *horloge vivante*.

Fil à plomb vivant. — Remplissons de sable humide une cuvette de verre et plaçons à la surface du sable un petit amas de *Convoluta*; communiquons des trépidations à ce petit aquarium : les vers disparaissent dans le sable et gagnent bientôt le fond où ils forment une tache verte; or, toujours, la tache initiale et la tache finale sont sur la même verticale.

Les *Convoluta*, comme d'ailleurs beaucoup d'animaux inférieurs, apprécient la direction de la pesanteur, au moyen d'un petit appareil, l'otocyste, inclus dans leur corps et d'une élégante simplicité. La figure 4 représente le Turbellarié : le système nerveux est supposé vu par transparence; vers la gauche antérieure du corps se trouve une masse ganglionnaire assez complexe, sorte de cerveau d'où partent de nombreux nerfs dont les branches semblent former un réseau dans tout le corps; le développement du système nerveux explique l'excellente sensibilité de cet organisme vis-à-vis des agents mécaniques, physiques et chimiques du milieu extérieur; au sein même du cerveau se trouve l'*otocyste*; celui-ci est figuré fortement grossi : c'est une petite cavité sphérique, limitée par une assise de cellules, où aboutissent les extrémités d'une foule de filaments nerveux, et contenant un granule calcaire.

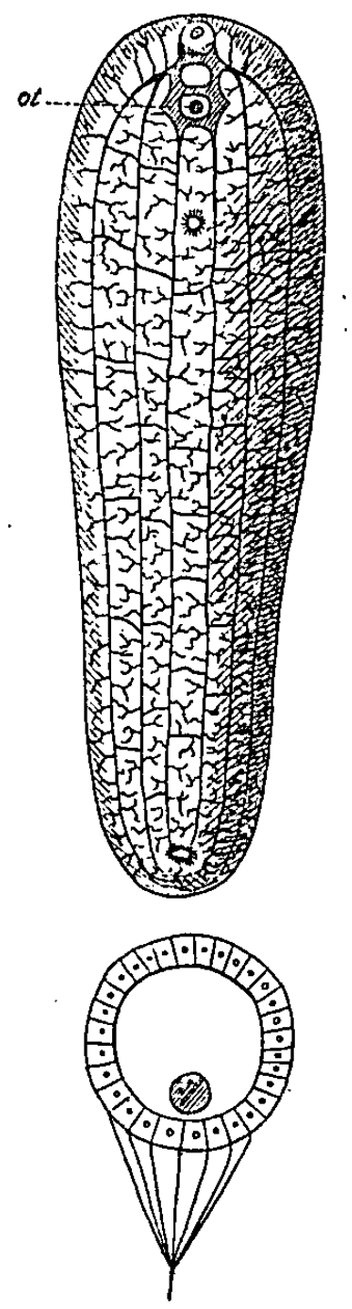


FIG. 4. — CONVOLUTA TRÈS GROSSIE ET SON OTOCYSTE.

A chaque attitude du corps correspond une position déterminée du granule sur la sphère; chaque fois, en particulier, que l'animal prend la douche verticale le grain vient toucher un point déterminé de la sphère particulièrement innervé. Lorsque les Turbellariés se déplacent sur une surface, ils suivent toujours la ligne de plus grande pente.

Horloge vivante. — Sur la plage, les *Convoluta* alternativement montent et descendent dans le sable; leurs oscillations sont inverses de celles de la marée. Loin de la plage, ces mouvements persistent. Au moment où là-bas, dans l'habitat d'origine, la plage découvre, en aquarium les Turbellariés apparaissent à la surface du sable; au moment où le flot vient frapper le sable vert et faire fuir les vers en profondeur, en aquarium ceux-ci disparaissent également sans subir le choc des vagues. A Saint-Vaast-la-Hougue et à Saint-Jacut-de-la-Mer, où ces observations viennent d'être faites, les *Convoluta* vivent au bord de détroits ou de golfes où les oscillations de la mer se font particulièrement sentir, et ces animaux placés en aquarium

peuvent être d'une certaine utilité aux touristes : Saint-Jacut, en particulier, est situé à l'extrémité d'une longue presqu'île, entre deux barres profondes, celle de Lanereux et celle du Guildo (embouchure de l'Arguenon); dès que la mer baisse on peut traverser pour gagner, soit les parages de Dinard, soit ceux de Saint-Caast; il n'est plus besoin d'aller examiner la mer sur la plage représentée ci-contre (fig. 5); il suffit de regarder l'aquarium : dès qu'il verdit, on peut partir. C'est donc bien là une horloge vivante.

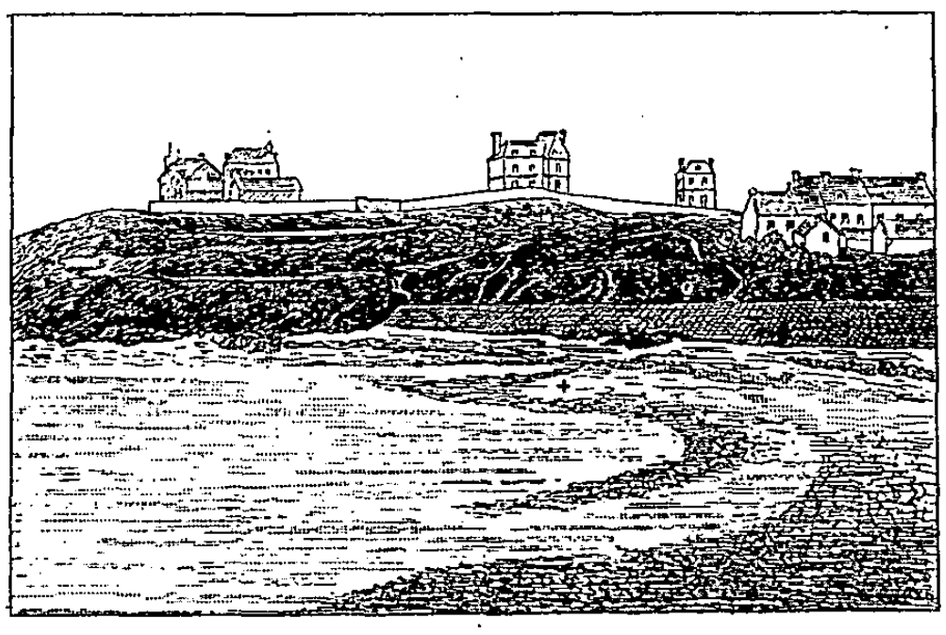


FIG. 5. — PLAGE DE SAINT-JACUT-DE-LA-MER.

Ce mouvement oscillatoire remarquable, parfaitement synchrone de celui de la marée, est indépendant des variations physiques et chimiques du milieu extérieur compatibles avec la vie; il se produit aussi bien la nuit que le jour, aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière.

Illusions trompeuses. — Cependant lorsque les *Convoluta* sont parvenues à la surface du sable, elles peuvent être influencées quelque peu par les variations de l'éclairement.

Suivons un instant les migrations de ces vers le long des pentes sableuses; tout le temps que la mer descend, normalement ils montent et gravissent les pentes pour atteindre les sommets, les crêtes; à l'heure de la mer basse, tous les points culminants sont verts; une fois que la mer remonte, les animaux redescendent les côtes qu'ils ont gravies; ainsi ils quittent les hauteurs où le sable se dessèche pour les vallées où il est encore humide. Mais quand le soleil donne, la dessiccation se produit plus vite, et la descente se fait plus rapidement; souvent, quand le soleil succède à l'ombre, on voit une multitude de petits points verts (ce sont nos vers) dégringoler le long des pentes.

Or, voici le fait curieux à noter : en aquarium sous une couche d'eau, la lumière produit le même effet; un éclairement subit détermine la descente bien que la dessiccation ne soit plus à craindre; inversement, si l'on projette une ombre sur du sable que l'on dessèche artificiellement, les vers ne fuient pas et se laissent mourir sur place.

Il semble, donc, que les *Convoluta* aient toute confiance dans les indications fournies par les variations de l'éclairement. Un Japonais, Mitsukuri, avait déjà montré que pour certains animaux littoraux les ombres sont trompeuses : les Littorines, dont les coquilles servent d'abri aux Pagures, sont des mollusques qui recherchent les rochers au bord de l'eau plus ou moins enveloppés d'ombres; si l'on projette l'ombre vers la mer, les Littorines la suivent et se précipitent dans les flots, où elles périssent. Ainsi les *Convoluta*, comme les Littorines, comme les Papillons qui viennent se brûler les ailes dans une flamme éclairante, sont victimes d'illusions créées par l'ombre et la lumière. Il y aurait là un joli point de vue à développer pour les romanciers qui aiment faire de la psychologie idéaliste.

GEORGES BOHN,
Préparateur-chef à la Sorbonne.

Revue critique des Travaux scientifiques.

CHIMIE APPLIQUÉE

Incandescence par le gaz appliquée à l'éclairage des voitures de chemins de fer.

La substitution du gaz à l'huile pour l'éclairage des wagons, adoptée depuis une vingtaine d'années, constituait un progrès sérieux. Mais les compagnies ont dû perfectionner sans cesse leur matériel éclairant, devant les exigences chaque jour croissantes du public. Un premier pas dans cette voie fut l'emploi des becs dits récupérateurs. Plus tard on imagina de mélanger au gaz d'huile comprimé un tiers environ d'acétylène. C'est le système employé actuellement par la compagnie de P.-L.-M.

La compagnie de l'Est, qui avait essayé également ce procédé en 1898, l'abandonna bientôt, et entreprit l'étude de l'application aux voitures de l'éclairage par incandescence. Elle vient d'adopter définitivement ce mode d'éclairage.

Ses avantages sont en effet multiples : consommation de gaz six fois moins considérable à égalité de pouvoir éclairant. Par suite, chargements moins fréquents des voitures. Enfin possibilité de remplacer le gaz riche par le gaz de houille, puisque son pouvoir calorifique seul était utilisé.

Le service du matériel et de la traction entreprit dans cette voie de nombreux essais. La principale difficulté semblait résider dans l'extrême fragilité des manchons.

On essaya d'abord de leur substituer des supports moins fragiles. Le mélange Auer (oxyde de thorium additionné de 1 p. 100 d'oxyde de cérium) fut façonné en boulettes ou en plaquettes, soutenues par des fils de platine ou autres substances réfractaires. Ces essais ne réussirent point. Quand la matière était suffisamment solide, son pouvoir éclairant était devenu insignifiant.

En 1901, on revint aux manchons, dont la fabrication s'était d'ailleurs perfectionnée au point de vue de la résistance. On essaya deux systèmes de lanternes fournies par la Société française d'incandescence par le gaz, munies de cheminées en verre et de systèmes antitrépidations. Les cheminées furent bientôt supprimées; on augmentait en même temps la pression du gaz pour activer le tirage. Mais on s'aperçut rapidement que la suspension à ressort, loin de remplir le but qu'on lui demandait, était la principale cause du bris des manchons, constamment balancés à droite et à gauche. En supprimant les ressorts, la durée des manchons fut de 30 j.

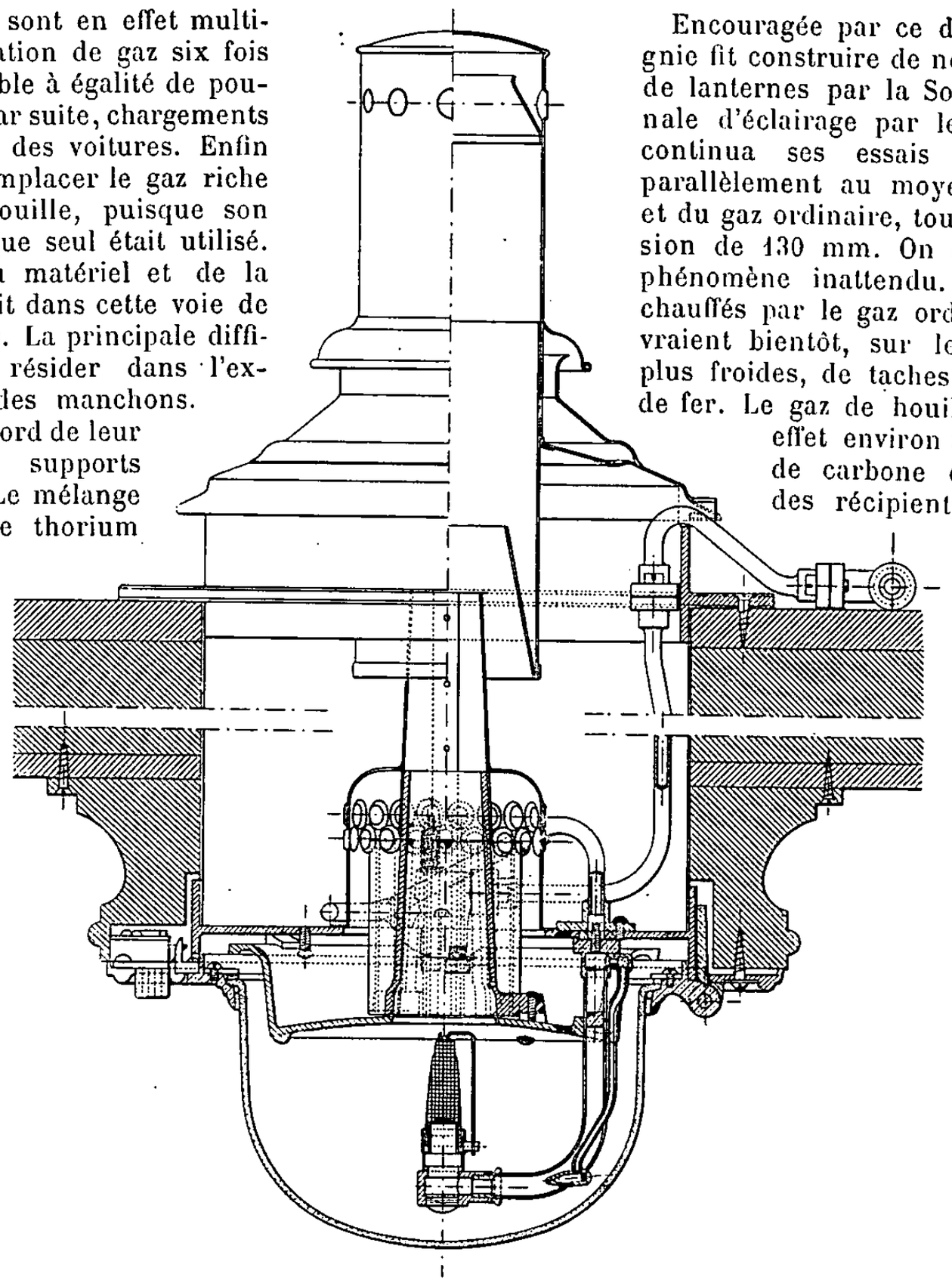


FIG. 1. — DERNIER MODÈLE DE LA LAMPE A INCANDESCENCE POUR L'ÉCLAIRAGE DES WAGONS.

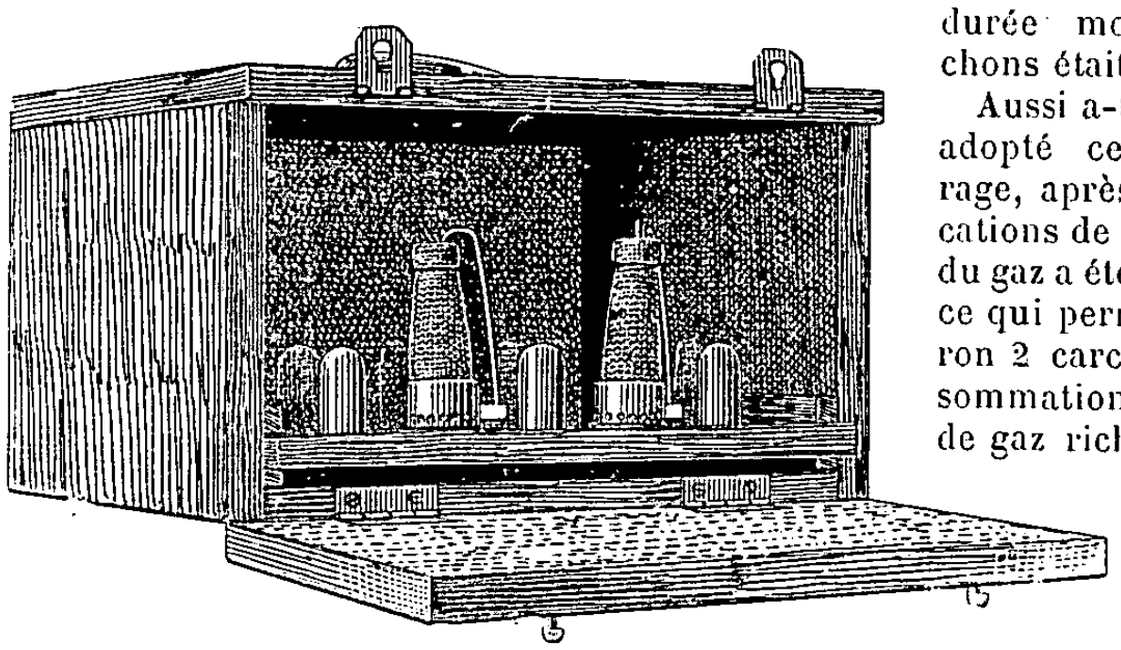


FIG. 2. — ACCESSOIRES DE LA LAMPE.

Encouragée par ce début, la compagnie fit construire de nouveaux modèles de lanternes par la Société Internationale d'éclairage par le gaz d'huile, et continua ses essais d'incandescence parallèlement au moyen du gaz riche et du gaz ordinaire, tous deux à la pression de 130 mm. On observa alors un phénomène inattendu. Les manchons chauffés par le gaz ordinaire se recouvraient bientôt, sur leurs parties les plus froides, de taches rouges d'oxyde de fer. Le gaz de houille renferme en effet environ 8 p. 100 d'oxyde de carbone qui, au contact des récipients en fer où il était comprimé, donnait une certaine proportion de fer-carbonyle. Cette combinaison volatile, en brûlant, produisait les taches observées. Bien que celles-ci n'apparaissent que lentement, cependant on pouvait craindre que lorsqu'on comprimerait davantage le gaz pour l'exploitation définitive, la proportion de fer carbonyle n'augmentât, et ne devînt une cause de détérioration des manchons. Aussi s'est-on décidé à continuer l'usage du gaz riche. Les essais avaient donné du reste de très bons résultats, la durée moyenne des manchons était de 50 jours.

Aussi a-t-on définitivement adopté ce système d'éclairage, après quelques modifications de détail : la pression du gaz a été portée à 150 mm., ce qui permet d'obtenir environ 2 carcels avec une consommation horaire de 15 lit. de gaz riche ou de 35 lit. de gaz de houille (mesurés à la pression atmosphérique). Le brûleur est un bec Bunsen de forme cintrée. Il est muni à sa partie supérieure d'une petite galerie destinée à soutenir momentanément le

manchon, en cas de rupture, au point d'attache. Le manchon lui-même est porté par une seule potence. Il a une forme conique étudiée spécialement en vue d'obtenir le maximum de lumière dans les conditions adoptées (fig. 1).

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des différents systèmes d'éclairage appliqués ou à l'essai actuellement sur le réseau de l'Est :

MODE D'ÉCLAIRAGE	CONSOMMATION PAR HEURE	POUVOIR ÉCLAIRANT EN CARCELS
Lampe à huile de colza, système français.	17 gr.	0,35
Gaz riche sans récupération. . .	25 litres	0,60
— avec — . . .	25 —	0,96
— avec manchon à incandescence.	15 —	2,00
Gaz de houille comprimé avec manchon à incandescence . . .	35 —	1,80
Electricité (avec batterie d'accumulateurs). 1re cl.	36 watts	1,25
Electricité (avec batterie d'accumulateurs). 2e cl.	36 —	1,25
Electricité (système autogénérateur Vicarino). 1re cl.	48 —	1,66
Electricité (système autogénérateur Vicarino). 2e cl.	36 —	1,25

Ajoutons que les gares terminus sont approvisionnées en manchons, qu'on leur expédie dans des boîtes de forme spéciale, où ils sont complètement à l'abri des chocs et des vibrations (fig. 2).

La compagnie de l'Ouest a, elle aussi, étudié l'application de l'incandescence à l'éclairage de ses wagons. Mais elle est arrivée, en combinant les deux systèmes d'incandescence et de récupération de la chaleur, à une solution plus avantageuse puisque, avec la même consommation de gaz riche que la compagnie de l'Est, 15 lit. à l'heure, elle obtient un pouvoir éclairant de 3 carcels. Le manchon, au lieu d'être un cône vertical, a la forme d'une demi-sphère dont la convexité est tournée vers le bas. De cette façon, on utilise bien mieux les rayons lumineux émis par le corps incandescent. De plus, les produits de la combustion sont employés à réchauffer l'air qui doit servir à alimenter la flamme.

C. CHABRIÉ.

PHYSIQUE

Nouvelles propriétés des rayons N.

M. Blondlot, ayant reconnu qu'un fil de platine incandescent augmente d'éclat sous l'action des rayons N, s'est demandé si le phénomène ne proviendrait pas d'un apport de calories au fil par les rayons N.

Pour soumettre la question à l'expérience, M. Blondlot a fait tomber sur une pile thermo-électrique, reliée à un galvanomètre sensible, des rayons N provenant soit d'un bec Auer soit du soleil. L'action calorifique des rayons N s'est montrée absolument nulle, alors qu'une bougie placée à 12 mètres de la pile l'échauffait assez pour produire une déviation d'un demi-millimètre sur l'échelle employée. *M. H. Rubens* n'a pas été plus heureux bien qu'il se soit servi d'un dispositif beaucoup plus sensible encore.

En opposant la différence de potentiel présentée par les extrémités du fil de platine rendu incandescent par le passage d'un courant électrique, à une différence de potentiel prise sur un circuit auxiliaire, M. Blondlot a constaté que l'électromètre capillaire de M. Lippmann restait au zéro, que les rayons N qui tombent sur le fil incandescent soient ou non interceptés au moyen d'une lame de plomb; la variation d'éclat n'était pas accompagnée d'une variation de résistance électrique, c'est-à-dire de température. Et pourtant une déviation de 3 divisions du micromètre oculaire du microscope d'observation, accompagnait une augmentation de température du fil produite par un accroissement de l'intensité du courant incapable de provoquer une variation sensible de l'éclat du fil.

Une lame de platine ayant un dixième de millimètre d'épaisseur inclinée de 45° sur l'horizon, et portée au rouge sombre par une petite flamme de gaz placée au-dessous, se comporte comme le fil incandescent sous l'action des rayons N. On peut d'ailleurs observer la lame soit du côté où elle est frappée par les rayons, soit du côté opposé. Cette particularité a conduit M. Blondlot à vérifier qu'une lame de platine, opaque à froid pour les rayons N, se laisse traverser par eux lorsqu'elle est portée à l'incandescence.

Récemment M. Blondlot a reconnu qu'il n'était pas nécessaire d'envoyer les rayons N sur les sources *elles-mêmes* pour obtenir un renforcement d'éclat. Ils augmentent également l'intensité de la lumière diffusée par une bande de papier blanc, ou celle que réfléchit une aiguille à tricoter, un miroir de bronze ou encore la face polie d'un bloc de quartz. Dans ce dernier cas les rayons N doivent frapper *obliquement* la surface, mais ils peuvent être dirigés indifféremment de l'extérieur vers l'intérieur ou de l'intérieur vers l'extérieur.

Les surfaces en expérience sont disposées verticalement et éclairées par la lumière qu'émet une flamme renfermée dans une boîte munie d'une fente verticale. D'autre part la même surface reçoit les rayons N obtenus par un dispositif analogue à celui décrit dans la Revue (page 266), la source pouvant être soit le bec Auer, soit la lampe Nernst sans verre.

Il est à retenir que ces renforcements exigent, pour se produire, *un temps appréciable* et que certaines personnes ont besoin d'une véritable éducation de l'œil pour saisir avec sûreté les variations d'éclat. A ce point de vue l'emploi de la lampe Nernst sans verre d'une puissance de 200 watts, est à recommander.

M. Blondlot a encore observé que les corps *bien secs* frappés par les rayons N *emmagasinent* ces rayons et continuent à les émettre après l'extinction des sources primitives. Cette *émission secondaire* a son siège dans toute la masse du corps, car si l'on place plusieurs lames de quartz par exemple l'une sur l'autre, on voit l'effet sur la phosphorescence du sulfure de zinc insolé, augmenter à chaque lame ajoutée. Si certaines substances deviennent rapidement actives par exposition aux rayons N (quartz, spath d'Islande, spath fluor, barytine, verre, sulfure de calcium, etc.), d'autres ne s'imprègnent que très lentement : ainsi une lame de Pb de 2 millimètres d'épaisseur ne devient active par ses deux faces qu'après plusieurs heures d'exposition, la face directement exposée devenant active au bout de quelques minutes. Enfin certaines substances (aluminium, bois, papier sec ou mouillé, paraffine) ne jouissent pas de la propriété d'emmagasiner les rayons N. Le filament d'une lampe Nernst reste actif plusieurs heures après que la lampe a été éteinte; des cailloux secs de nature quelconque ramassés vers quatre heures de l'après-midi, dans une cour frappée par le soleil, émettent spontanément des rayons N et leur activité persistait encore au bout de quatre jours sans affaiblissement très sensible.

En résumé, les rayons N sont : 1° Sans action calorifique sensible; 2° Ils peuvent accroître l'éclat, non seulement des sources lumineuses qu'ils frappent, mais encore celui des surfaces éclairées; 3° Beaucoup de substances emmagasinent dans leur masse les rayons N et les émettent

ensuite; 4° L'emmagasinement et le rayonnement sont progressifs, ce qui explique le temps nécessaire soit à l'apparition soit à la disparition du renforcement d'éclat.

A. GUILLET.

PHOTOGRAPHIE

La destruction du voile dichroïque.

Il arrive souvent qu'une plaque photographique, développée et fixée, présente soit sur toute sa surface, soit sur une portion seulement, une coloration variant avec les conditions d'opération; cette coloration, à laquelle on a donné le nom de *voile dichroïque*, est due à une sorte de fluorescence de la gélatine qui sert de substratum à l'émulsion.

Elle est rougeâtre, rouge, rouge orangé ou violette par transparence, tandis qu'elle paraît vert jaunâtre, bleue ou jaune verdâtre par réflexion; en outre, le phototype, examiné à la lumière réfléchie, présente une opacité qui semble indiquer un fixage incomplet.

MM. A. et L. Lumière et A. Seyewetz ont fait une étude très complète de ce phénomène; ils ont constaté que le voile dichroïque prend naissance tantôt pendant le développement, tantôt pendant le fixage.

Dans le développement, il se produit surtout lorsque le révélateur contient, même en très faible quantité, un dissolvant du bromure d'argent : hyposulfite de sodium, ammoniaque, cyanure de potassium, etc.

Pendant le fixage, le voile dichroïque se produit surtout lorsque le bain de fixage contient une petite quantité de révélateur et de sulfite de sodium, quand il s'agit de réducteurs tels que le diamidophénol, de révélateur, de sulfite de sodium et d'un excès de carbonate de sodium quand il s'agit de révélateurs alcalins.

MM. A. et L. Lumière et A. Seyewetz ont observé que, toutes conditions égales d'ailleurs, les causes suivantes favorisent la production du phénomène : manque de pose, présence de substances augmentant le pouvoir réducteur du révélateur (sulfite de sodium, alcalis); prolongation du développement, lorsque le voile se forme dans le révélateur.

Ils ont pu constater que le voile dichroïque ne renferme pas de bromure d'argent, et qu'il est vraisemblablement formé par un composé argentique très riche en argent et renfermant une petite quantité de la matière organique provenant du substratum; sa composition paraît devoir être rapprochée de celle de la substance connue sous le nom de collargol.

Si le voile dichroïque n'est pas constitué par de l'argent pur, il en renferme une quantité telle que les divers réactifs agissent sur lui comme ils agissent sur l'argent pur.

MM. A. et L. Lumière et Seyewetz ont remarqué que les traitements permettant de transformer l'argent en sulfure ou en oxydes, ramènent la couleur intense du voile à celle, beaucoup plus faible, de l'oxyde ou du sulfure d'argent; ces traitements détruisent probablement la combinaison de l'argent avec la matière organique.

On a observé que le voile formé par le révélateur est plus superficiel que celui qui prend naissance dans le fixateur et que l'on peut désigner sous le nom de voile profond.

Les réactifs sulfurants noircissent lentement le voile dichroïque; la réaction est très lente avec l'hydrogène sulfuré, plus rapide avec les sulfures alcalins et surtout avec les polysulfures; mais l'alcalinité de ces composés a tendance à altérer la gélatine et à provoquer son décollement. MM. Lumière et Seyewetz ont reconnu qu'avec l'hydrogène sulfuré naissant, on peut obtenir la sulfuration plus rapidement qu'avec la solution d'hydrogène sulfuré, sans avoir à redouter les inconvénients des sulfures alcalins. On arrive à ce résultat en ajoutant une petite quantité d'acide tartrique ou citrique dans une solution d'hyposulfite de soude. Il se produit bien dans ces conditions un léger dépôt de soufre à la surface du cliché, mais on l'enlève facilement en frottant la couche avec un tampon d'ouate. On peut remarquer que la sulfuration du voile dichroïque a lieu plus facilement avec le voile superficiel qu'avec le voile profond.

MM. Lumière et Seyewetz ont essayé l'action sur le voile dichroïque des divers dissolvants de l'argent utilisés comme affaiblisseurs.

Le sulfate cérique, le ferricyanure de potassium mélangé à l'hyposulfite de soude (affaiblisseur Farmer); le permanganate associé à l'acide sulfurique, le bichromate de potasse et acide sulfurique dissolvent le voile, mais attaquent en même temps l'image qui diminue d'intensité.

La propriété que possède le persulfate d'ammoniaque, en solution légèrement acidulée par l'acide sulfurique, de ne pas attaquer sensiblement les parties superficielles de l'image, mais de dissoudre les couches d'argent les plus opaques et de se comporter comme s'il exerçait son action depuis le fond de la couche jusqu'à sa surface, le rend particulièrement propre à la dissolution de l'argent constituant le voile dichroïque profond.

Le persulfate enlève en effet très facilement le voile profond qui prend naissance pendant le fixage, sans altérer l'image, pourvu qu'on prenne la précaution d'arrêter son action dès que le voile a été dissous, en plongeant le cliché dans une solution de sulfite ou de bisulfite de soude. Le voile superficiel qui se forme dans le révélateur disparaît aussi sous l'action du persulfate, mais, en ce cas, l'image se dissout en partie. La solution à 3 p. 100 est celle qui convient le mieux.

De tous les oxydants, seul le permanganate de potassium en solution neutre à 1/1000, dissout totalement le voile dichroïque, quelle que soit son intensité, qu'il soit superficiel ou qu'il soit profond. Il se dépose dans la couche de l'oxyde de manganèse qui se dissout en plongeant le cliché dans une solution de bisulfite de soude; l'image n'est nullement affaiblie et les valeurs relatives des demi-teintes ne sont pas changées.

L'action du permanganate neutre suivie d'un traitement au bisulfite de soude s'applique donc à tous les cas et constitue le procédé donnant les meilleurs résultats.

G.-H. NIEWENGLOWSKI.

BOTANIQUE

L'origine du carbone des plantes vertes.

A cette importante question les physiologistes ont répondu de manières très diverses et on peut, dans l'histoire de la science, distinguer à cet égard trois périodes principales, résumant les vicissitudes qu'a subies ce chapitre de la physiologie végétale.

C'est d'abord la période ancienne durant laquelle on rapportait à l'humus une action prépondérante dans la nutrition de toutes les plantes, et en particulier dans sa nutrition carbonée; de nombreuses matières organiques étaient considérées comme absorbées directement par les végétaux qui les transformaient pour élaborer à partir d'elles leurs divers éléments.

Puis on arrive à la découverte de la fonction chlorophyllienne qui vint bouleverser les idées reçues jusqu'alors; Bonnet et Priestley montrèrent en effet que les plantes vertes sont capables, grâce à l'existence du pigment auquel elles doivent leur coloration, la chlorophylle, de se nourrir, en pré-

sence de la lumière, aux dépens du gaz carbonique qui se trouve dans l'atmosphère; ces plantes apparurent dès lors comme des agents de synthèse des composés organiques, les animaux au contraire restant des êtres caractérisés par un travail d'analyse. Dès lors l'"étude de la fonction chlorophyllienne domina toute la physiologie végétale et on admit implicitement qu'elle était la seule source de carbone pour la plante.

Plus récemment on revint à la vieille théorie de l'humus, non pas pour la restaurer entièrement, mais pour chercher si elle ne contenait pas une part de vérité; il est incontestable en effet que l'humus favorise la végétation; est-ce là une simple action physique ou bien y a-t-il vraiment, comme on le croyait auparavant, pénétration de divers aliments organiques dans la plante? Les expériences de M. Grandeau, pour ne rappeler que celles-là, effectuées sur les terres noires de Russie, amenèrent cet expérimentateur à conclure que les substances organiques de l'humus ont pour rôle de servir de véhicule aux matières minérales, qu'elles ont par conséquent un rôle chimique.

Depuis, divers physiologistes ont montré que des fragments de feuille déposés à l'obscurité sur des solutions nutritives contenant un aliment organique, tel que le glucose, le saccharose, la glycérine, produisent de l'amidon; la formation de cette dernière substance n'est pas due à la fonction chlorophyllienne qui ne peut s'effectuer en l'absence de radiations solaires; il faut donc la rapporter à une absorption de la matière carbonée mise en contact avec la feuille.

Mais dans ces expériences on s'adresse à des morceaux de plante et l'absorption s'y opère par une section; la pénétration des matières organiques peut-elle s'effectuer d'une manière normale, par les racines non lésées? C'est à l'étude de cette question que se rapporte un travail récent de M. J. Laurent[1], qui amène son auteur, disons-le de suite, à conclure que les plantes vertes peuvent, comme les autres, absorber les matières organiques; il existe donc pour elles deux sources de carbone, la principale résidant dans la fonction chlorophyllienne, et une autre, moins importante à la vérité, mais non négligeable cependant, consistant dans l'absorption de certaines matières organiques du sol.

Des recherches entreprises en vue de résoudre une telle question consisteront évidemment à faire se développer des plantes dans un milieu défini où on aura introduit une matière organique déterminée, du glucose par exemple; on devra, lorsque la plante aura acquis un certain développement, doser le glucose restant; on aura, par différence avec le poids de glucose introduit dans le milieu primitif, la quantité de cette matière qui aura pénétré dans la plante; mais on voit de suite la difficulté qui se présente; il est nécessaire qu'on soit assuré que c'est bien la plante qui a utilisé le glucose disparu, et non pas tel ou tel micro-organisme qui pourrait se développer en même temps que la plante verte; il faut, en d'autres termes, opérer des cultures aseptiques de végétaux supérieurs et pour cela stériliser les graines dont on veut suivre la germination ainsi que les liquides dans lesquels on veut voir s'effectuer le développement de la plante sur laquelle on expérimente.

C'est en opérant suivant cette méthode rigoureuse mais délicate que M. J. Laurent a pu démontrer que les plantes vertes absorbent différentes matières organiques par leurs racines, et peuvent, à partir d'elles, produire des réserves d'amidon.

Chemin faisant, l'auteur étudie l'action des matières organiques sur la croissance et sur la forme des plantes mises en expérience; lorsque ces matières sont employées en solutions étendues, elles ne modifient pas la forme extérieure ni la structure des végétaux; lorsque au contraire on les fait agir en solutions concentrées, elles agissent par leur forte pression osmotique, à laquelle vient s'adjoindre une action spécifique de chacune des substances étudiées à cet égard. Il suffira de considérer les trois figures ci-dessus, représentant des germinations de Pois, pour se rendre compte de l'action des liqueurs concentrées qui se traduit par un retard dans la croissance en longueur, en même temps que par un épaississement de la tige.

GERMINATIONS DE POIS, DE MÊME ÂGE, EFFECTUÉES :

A, dans une solution minérale;
B, dans la même solution à laquelle on a ajouté du glucose;
C, dans une solution identique aux précédentes, mais plus riche en glucose que la seconde.

Nous devons donc actuellement nous représenter les plantes vertes comme ne formant pas, au point de vue physiologique, un groupe absolument à part; toutes les plantes sans exception sont capables d'absorber des matières organiques aussi bien que des aliments minéraux; les plantes vertes ont simplement à leur disposition une autre source de carbone : elles peuvent, en utilisant les radiations solaires, décomposer le gaz carbonique de l'air.

M. MOLLIARD.

1. J. Laurent, *Recherches sur la nutrition carbonée des plantes vertes à l'aide des matières organiques;* Thèse, 1903.

AGRONOMIE

Un cadeau du roi d'Angleterre : les animaux offerts au président de la République à l'École d'agriculture de Grignon.

Le roi Édouard VII vient d'envoyer au président de la République deux bovins provenant de son élevage du château de Windsor. Ces deux animaux, dont nous donnons ici les photographies (fig. 1 et 2), ont été envoyés par M. Loubet à l'École d'agriculture de Grignon, où ils sont arrivés ces jours derniers.

L'un d'eux est un jeune taureau de sept mois. Il pèse 372 kilogr., malgré son jeune âge, ce poids est assez remarquable, surtout pour un animal non engraissé. La génisse, son aînée de huit mois, pèse 512 kilogr.; elle a déjà des formes beaucoup mieux dessinées que son compagnon, dont on ne connaîtra que plus tard les véritables qualités.

Tous deux appartiennent à la race *short-horn* (courte-corne), que les éleveurs français appellent communément *race de Durham*. La couleur de la robe du taureau est rouge et blanche en larges taches; la génisse est uniformément rouge, sauf le ventre et les extrémités qui sont marqués de blanc.

Malgré leur jeune âge on peut déjà reconnaître chez eux les principaux caractères de cette race, que les Anglais sont parvenus à modifier et à améliorer si parfaitement au point de vue de la boucherie. Ces animaux, une fois engraissés, présentent en effet presque exactement l'aspect de solides géométriques : la poitrine est haute, profonde et large, le garrot forme avec le dos et les reins une surface horizontale bien plane, la ligne du dessous est presque exactement parallèle à celle du dos, l'épaule droite est bien noyée, la fesse également rectiligne.

Un autre trait caractéristique dont on peut se rendre compte sur les photographies, est la réduction très grande des parties accessoires. La tête, large dans la région du frontal, est très mince vers les naseaux, l'encolure courte et fine, enfin les extrémités très réduites dénotent le souci constant de l'éleveur, de diminuer les régions de deuxième qualité au bénéfice de celles de première.

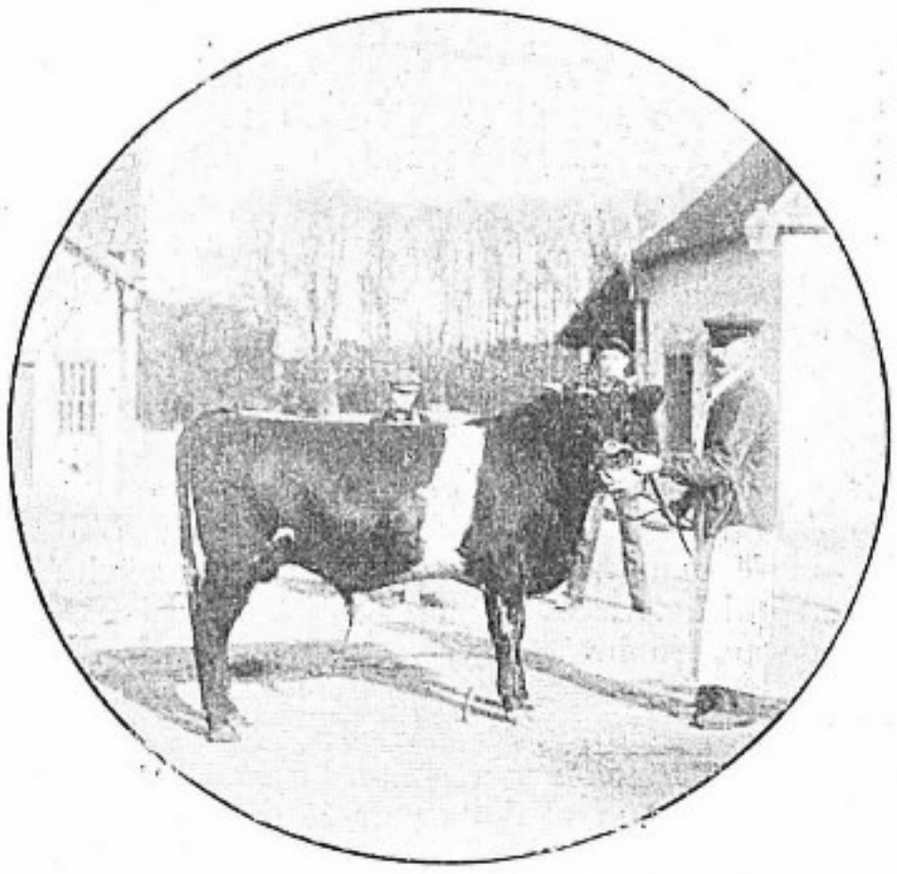


FIG. 1. — TAUREAU (RACE DURHAM).

Enfin cette race est d'une grande précocité. Nous en avons un exemple frappant dans la génisse de

FIG. 2. — GÉNISSE (RACE DURHAM).

Grignon, qui a déjà des dents de *remplacement*. Elle est en outre douée d'une remarquable aptitude à l'engraissement. Et il n'est pas douteux que les animaux envoyés par le roi Édouard VII ne jouissent au plus haut degré de cette précieuse qualité, car tous les signes extérieurs le font prévoir : la peau est d'une finesse et d'une souplesse parfaites, et la génisse présente déjà dans la région coccygienne des épaississements graisseux qu'on retrouve toujours chez les sujets de sa race.

Cependant ces animaux ne doivent pas être engraissés, car ils sont destinés tous deux à la reproduction. Le mâle, par croisement avec les pensionnaires de la vacherie de Grignon, est appelé à donner d'excellents produits métis très propres à l'engraissement. La femelle donnera aussi des veaux qui seront être très estimés à cause de leur origine.

Cette origine est sûrement d'une grande pureté : les animaux sont partis de Windsor avec un état civil parfaitement en règle et des actes de naissance scrupuleusement dressés. On sait d'ailleurs que le Herd Book de cette race est le plus ancien que l'on connaisse. Les premières inscriptions faites en France datent de 1832; mais il en existait en Angleterre dès le début du XIX^e^ siècle.

Il ne faudrait pas croire, toutefois, que la race Durham soit uniquement destinée à la boucherie et que les sujets en soient exclusivement élevés, en Angleterre et en France, en vue de l'alimentation. La race short-horn est aussi une race laitière. Elle fournit un lait très riche en beurre, et en Angleterre on trouve des laiteries uniquement alimentées par des troupeaux durham. La définition qu'on en donne là-bas le montre d'ailleurs bien. Les Anglais appellent la race, d'après H. Berry, *a fat carcase with a well replenished udder*, « un corps gras avec une mamelle bien remplie ».

HENRI BOILEAU.

Revue des Applications des Sciences

Chauffage électrique rationnel basé sur l'étude de la convection et du rayonnement calorifique.

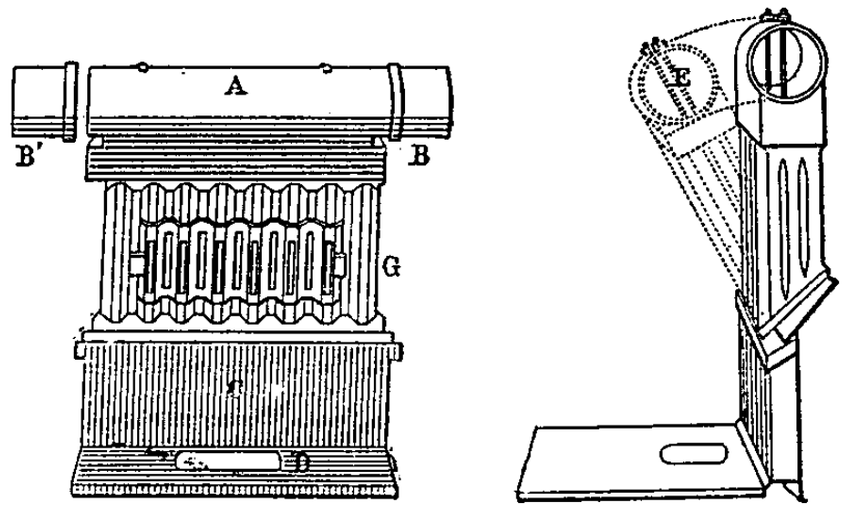
A l'entrée de l'hiver il est naturel de se préoccuper des meilleurs procédés de chauffage récemment imaginés. Jusqu'à ces dernières années il fallait, pour se chauffer, utiliser la chaleur de combustion du charbon, du coke, du bois, du pétrole, du gaz d'éclairage; récemment l'alcool et l'acétylène sont venus augmenter le choix des gens frileux.

Mais tous ces procédés présentent des défauts graves, parmi lesquels le principal est de vicier presque toujours l'air de la pièce tant en brûlant l'oxygène respirable, qu'en dégageant de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique. Le réglage est généralement impossible, l'échauffement produit est souvent lent; enfin le traîtreux courant d'air menace celui qui se chauffe les pieds, le dos près de la fenêtre.

Aussi quel combustible préférer? Suivant les latitudes et les mœurs, les goûts à ces égards changent, mais dans notre climat tempéré de France, du Nord au Midi, toute question d'économie mise à part, les préférences vont au feu de bois pétillant dans la large cheminée.

Pour éviter que l'air brûlé soit pris à la chambre, la cheminée sera munie d'un système de circulation d'air du genre Fondet (fig. 1).

Ce système a pour objet d'amener un courant d'air plus ou moins pur, puisé au dehors dans la caisse C, et dans des tubes d'échauffement G, d'échauffer cet air par les produits de la combustion



Vue en avant. Coupe.

FIG. 1. — SYSTÈME FONDET A CIRCULATION D'AIR.

et de l'envoyer dans la pièce par des bouches de chaleur B B'.

Cet air chaud s'élève, puis redescend plus ou moins vicié pour alimenter la combustion, ce qui évite les appels d'air froid par les interstices des portes et des fenêtres.

Mais ne peut-on avec le chauffage électrique d'un fonctionnement si simple, d'un si bon rendement, d'une salubrité si parfaite et qui malgré le prix élevé de l'énergie électrique tend à se développer de jour en jour, ne peut-on pas, disons-nous, avoir tous les avantages du feu de bois sans aucun de ses inconvénients?

Et tout d'abord à quoi attribuer notre préférence instinctive et d'ailleurs absolument justifiée pour le feu de bois?

Par un jour calme, en hiver, nous sentons que les rayons du soleil sont chauds, alors même que l'eau gèle et que la glace est dure et sèche. Si au soleil ou devant un feu de bois, nous avons recours au thermomètre, nous constatons que, s'il reçoit les rayons du soleil, il indique une température

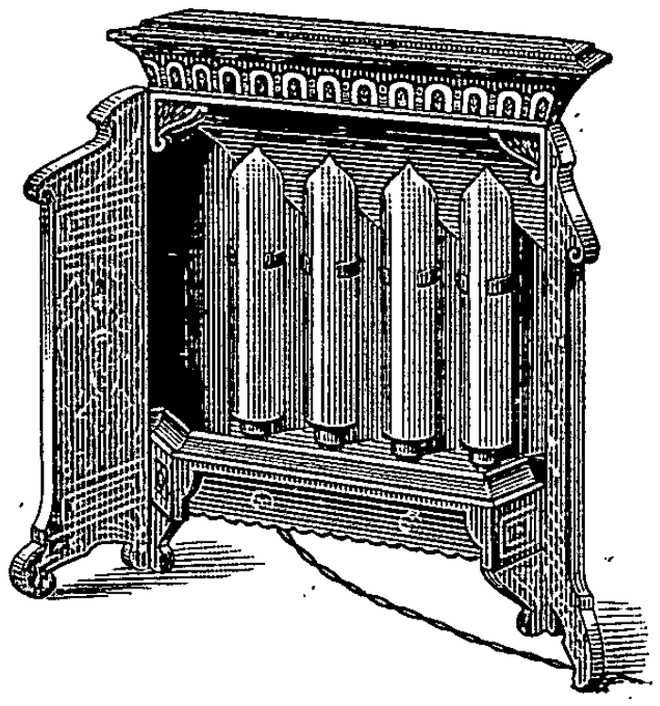


FIG. 2. — RADIATEUR ÉLECTRIQUE.

au-dessus de la glace fondante, tandis que l'air environnant est à une température bien inférieure. Le rayon calorifique n'échauffe donc pas l'air sur son passage : la chaleur ne paraît naître que lorsque le rayon rencontre une surface qui l'arrête : c'est donc au *rayonnement* que nous devons attribuer l'impression de vive chaleur et de bien-être qui se dégage du feu de bois dès qu'il pétille et flambe, et avant que l'air de la chambre ait eu le temps de s'échauffer.

Le poêle électrique, appelé *radiateur*, a été précisément imaginé pour unir à tous les avantages de sécurité, de commodité, de salubrité communs aux appareils de chauffage électrique bien étudiés, tous ceux auxquels satisfait en partie le plus agréable des combustibles.

Dans la plupart des poêles électriques, le courant traverse une résistance constituée par un fil fin lequel s'échauffe, communique peu à peu sa chaleur à l'air qui le touche, puis aux couches voisines et de proche en proche à travers toute la chambre.

C'est là un *Choubersky* électrique, un chauffage triste, lent à produire son effet : or, nous avons raison de demander à avoir tout de suite chaud, de même que nous voulons voir clair dès que nous tournons le commutateur électrique.

La figure 2 représente un radiateur électrique muni de ses grosses ampoules chauffantes placées devant un réflecteur en cuivre poli.

Mettez l'appareil dans le circuit, les ampoules vont s'éclairer d'une lumière rougeâtre, gaie comme

celle du feu de bois, et non aveuglante, et instantanément le réflecteur va envoyer devant lui ces rayons qui nous donnent la sensation de chaleur.

Avoir chaud dans une pièce chaude, suivant le mot de M. Emile Trélat, voilà le résultat exquis et hygiénique que fournit ce radiateur [1].

Si ce n'est pas encore là le chauffage indiqué pour de vastes appartements, c'est déjà le plus agréable et parfois même le plus économique pour des chauffages intermittents, complémentaires ou accidentels, tels qu'on en sent bien souvent le besoin même dans les maisons les mieux chauffées.

Ce radiateur (fig. 3) se compose essentiellement d'ampoules et d'un réflecteur. Les ampoules ressemblent à de grosses lampes électriques dans lesquelles un assez gros filament de charbon est porté non au rouge blanc, mais seulement au rouge naissant. Elles sont placées parallèlement et devant le réflecteur.

Le but de celui-ci est multiple. D'abord la partie *c* en forme de V et les côtés réfléchissent en avant la partie de la chaleur qui aurait été envoyée en arrière. En second lieu la forme en V a été choisie parce que la majeure partie de cette chaleur réfléchie passe entre deux lampes contiguës pour ne pas échauffer dangereusement les ampoules de verre. Enfin le jeu d'orgue constitué en arrière de *c* amène de l'air froid à s'échauffer au contact du réflecteur et à suivre la flèche pour sortir chaud en avant de l'appareil. De la sorte la face postérieure du radiateur s'échauffe très lentement, la plus grande partie de la chaleur utile se dégageant en avant du radiateur.

En disant que ce procédé de chauffage électrique est rationnel, nous voulons marquer qu'il répond aussi bien que possible à nos connaissances actuelles sur le chauffage, c'est-à-dire aux lois du refroidissement.

Fourier, qui, historiquement, a étudié le premier le refroidissement des corps et après lui tous les physiciens ont distingué quatre procédés de transmission de la chaleur : conduction, mélange, convection et rayonnement.

La transmission par *conduction* s'opère de molécule à molécule sans déplacement de celles-ci. Le *mélange* est à rapprocher de la *convection*. Celle-ci consiste dans le mouvement du corps lui-même entraînant avec lui sa chaleur. S'il est amené par ce mouvement près de corps plus froids, il les échauffera plus rapidement que s'il était resté à une plus grande distance d'eux; un corps intermédiaire en contact avec le corps chaud est indispensable pour communiquer par convection la chaleur aux corps froids.

Dans le rayonnement, la transmission se fait à distance du corps le plus chaud qui perd de la chaleur, au corps le plus froid qui la reçoit, et cela directement sans l'intervention d'un intermédiaire, et sans que ce milieu, s'il en existe un, devienne lui-même plus chaud. Le rayonnement s'opère dans le vide.

Le même rayonnement que nous appelons lumière quand il affecte nos yeux, nous l'appelons *chaleur rayonnante* quand nous le percevons par la sensation de chaleur, ou que nous observons son effet sur un thermomètre.

La figure 4 fait bien saisir les intensités relatives des 3 spectres apparents et la superposition partielle

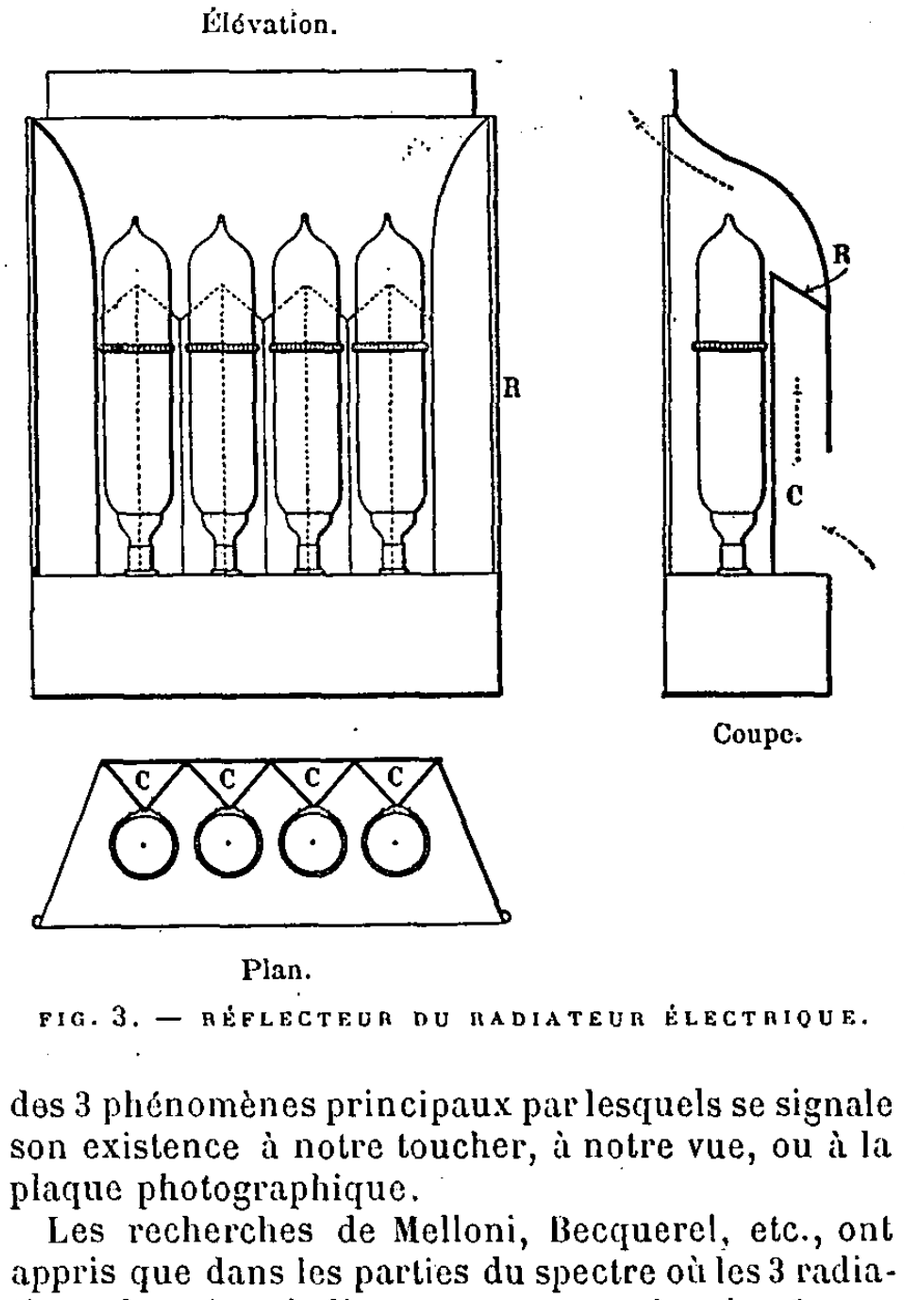


FIG. 3. — RÉFLECTEUR DU RADIATEUR ÉLECTRIQUE.

des 3 phénomènes principaux par lesquels se signale son existence à notre toucher, à notre vue, ou à la plaque photographique.

Les recherches de Melloni, Becquerel, etc., ont appris que dans les parties du spectre où les 3 radiations de même indice sont superposées, les 3 propriétés sont inséparables : on ne peut les dissocier ni par la réfraction ni par les milieux absorbants. Chaque propriété d'une lumière simple se retrouve, même après polarisation avec la même intensité.

La même figure exprime que les rayons bleus et verts ont un pouvoir d'échauffement très faible comparé à celui de l'extrême rouge. Enfin les rayons calorifiques s'étendent dans ce spectre bien au delà du rouge dans une région absolument privée de rayons lumineux, c'est-à-dire sur une portion de spectre qui n'influence pas du tout notre rétine [1].

A basse température, un corps échauffé n'émet que des radiations d'une grande longueur d'onde. Plus la température croît, plus les rayons devien-

1. De nombreuses expériences ont prouvé qu'un tel radiateur, formé de quatre ampoules dépensant chacune 250 watts, soit un kilowatt en tout, suffit à presque tous les besoins et qu'il vaut mieux, si l'espace à chauffer réellement est trop grand, multiplier les foyers qu'augmenter la puissance d'un seul.

Ce type d'un kilowatt dépense donc à l'heure 30 centimes au prix de 3 centimes l'hectowatt-heure, prix consenti par plusieurs des plus importants secteurs parisiens. Dans diverses régions en France la dépense horaire n'est que 10 centimes et même moins

1. Ce même rayon peut donc à la fois être perçu par notre œil, influencer une plaque photographique, produire des phénomènes thermiques. D'après la théorie des ondulations, bien établie aujourd'hui, des longueurs d'onde de 812 millionièmes de millimètre qui correspondent au spectre infra-rouge ne produisent pas de lumière, mais impressionnent fortement le thermomètre. Des rayons rouges encore chauds ont une longueur d'onde d'environ 600 millionièmes, et au-dessus de 500 millionièmes les rayons les plus brillants même concentrés produisent peu ou pas d'effet calorifique.

nent intenses en même temps qu'il en naît d'autres de longueurs d'onde plus faible. Ainsi un corps chauffé au blanc émet plus de rayons rouges qu'un corps chauffé au rouge, et plus de radiations sombres mais calorifiques qu'un corps lumineux.

La différence capitale entre la convection et le rayonnement est la suivante : chaque fois qu'il y a convection l'échauffement se transmet graduelle-

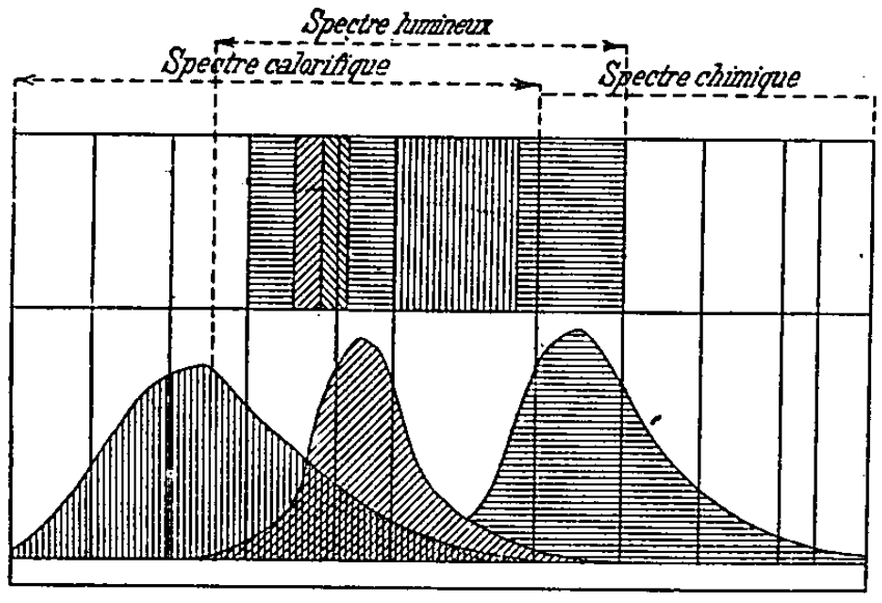


FIG. 4. — DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE DANS LE SPECTRE.

ment avec une vitesse variable, mais toujours facilement perceptible du corps chaud au corps froid, la température décroissant peu à peu le long du chemin. Quand il y a rayonnement, la chaleur *suit le rayon* comme la lumière qui frappe nos yeux, se transmet avec la même vitesse que cette lumière, dans tous les sens et même dans le vide. Elle paraît ne prendre naissance qu'au contact d'un corps qui l'empêche de se propager plus loin.

Dulong et Petit ont examiné le phénomène de convection en 1837, dégagé un peu ses éléments et établi des formules pour des différences de températures ne dépassant pas 250°. De la Provostaye et Desains reprirent ces travaux et apportèrent avec des procédés plus précis des corrections importantes. Puis Pouillet crut pouvoir étendre les formules ainsi établies jusqu'à 1 000°.

Mais tous ces observateurs n'avaient déterminé que des rapports entre des phénomènes de même nature. Les formules ne permettaient pas de calculer en calories les chaleurs transmises, ni par suite d'en déduire des résultats pratiques.

Cette lacune fut comblée par les travaux de Peclet[1] qui, encore aujourd'hui, font autorité dans la matière, dont les résultats ont été contrôlés et quelque peu modifiés par M. Rivière[2].

Le procédé très indirectement employé par cet expérimentateur consistait en principe à faire passer un courant électrique par un fil métallique qui s'échauffe jusqu'à ce que la chaleur fournie par le courant soit exactement compensée par la perte provenant du rayonnement et du contact du gaz ambiant. Ce fil de platine était placé dans un grand flacon de verre dans lequel on pouvait introduire de l'air à diverses pressions pour faire le vide.

C'est ainsi que M. Rivière fut amené à étudier non pas seulement les phénomènes de convection, mais aussi ceux de rayonnement, et ses expériences l'amenèrent à reconnaître le bien fondé de la loi de Stéfan.

La loi de Stéfan publiée en 1879 conclut à dire que le rayonnement total d'un corps est proportionnel à la quatrième puissance de la température absolue (température centigrade + 273°). Cette formule empirique semblait d'ailleurs pouvoir se déduire, d'après Boltzmann, de la théorie électromagnétique de la lumière.

Toutes ces études étaient encore très ignorées lorsque presque simultanément MM. Compan et Ch. Féry publièrent en 1902 les résultats de leurs travaux sur le refroidissement.

M. Compan[1], pour étudier la vitesse de refroidissement dans l'air et dans le vide, emploie comme corps soumis au refroidissement une petite b ule massive de cuivre rouge C (fig. 5), recouverte de plusieurs couches de noir de fumée et traversée suivant un diamètre par un couple thermo-électrique (cuivre-constantan) qui lui permet de mesurer avec précision, sur un galvanomètre Deprez-D'Arsonval G, la température de la soudure chaude, celle de la soudure froide étant maintenue à température fixe dans le bain *d* qui entoure le ballon en verre, servant de calorimètre. L'échauffement de la boule en cuivre était obtenu sans déplacement en faisant converger sur elle par une lentille le cratère positif de l'arc électrique. Il a ainsi pu étudier le rayonnement sous diverses pressions avec de l'air bien desséché au moyen de la ponce sulfurique et de l'anhydride phosphorique, depuis la pression barométrique jusqu'à 1,5 mm.

Quant à la température du ballon, elle était maintenue constante parce qu'elle était plongée dans un bain d'une substance à son point d'ébullition ou de congélation sous la pression atmosphérique. C'est aussi dans ce bain que plongeait la soudure froide de son couple thermo-électrique *cu, cu*. Il a pu ainsi obtenir toute une échelle de températures depuis le benzophénone dont le point d'ébullition est à 306°,08, l'aniline dont le point d'ébullition est à 184°,23,

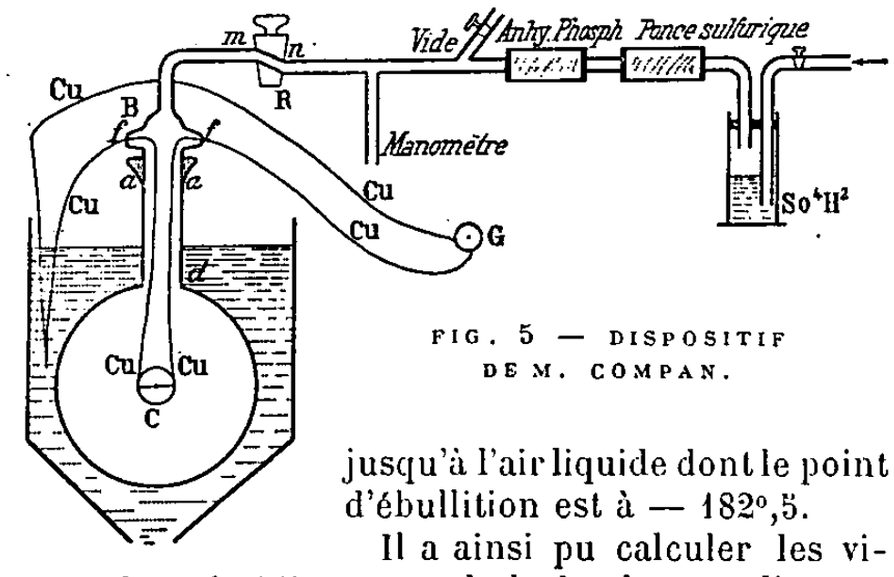


FIG. 5 — DISPOSITIF DE M. COMPAN.

jusqu'à l'air liquide dont le point d'ébullition est à — 182°,5.

Il a ainsi pu calculer les vitesses de refroidissement de la boule sous diverses pressions et à des températures initiales et finales variables et séparer les deux causes du phénomène : convection dans l'air et propagation dans le vide, autrement dit rayonnement.

1. Peclet, *Traité de la chaleur*, 1840.
2. *Essais sur le pouvoir refroidissant des gaz*, Thèse, Paris, 1884.

1. *Essais sur le pouvoir du refroidissement de l'air et sur les lois du rayonnement*, Montpellier, 1902.

D'autre part M. Ch. Féry [1], avec une méthode impeccable, cherchait à écarter dans les recherches qu'il faisait sur le rayonnement de quelques oxydes toutes les circonstances qui avaient pu vicier les expériences de ses prédécesseurs. Sans entrer dans l'étude de toutes ces modifications, nous devons dire quelques mots de son procédé de mesure à la fois très précis et d'une simplicité suffisante pour entrer dans la pratique.

La *lunette électro-pyrométrique* construite dans ce but est représentée figure 6. Les métaux (fer-

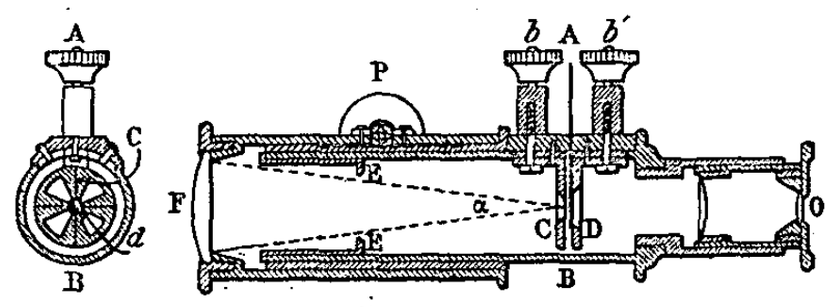


FIG. 6. — LUNETTE ÉLECTRO-PYROMÉTRIQUE DE M. FÉRY.

constantan) constituant le couple thermo-électrique sont amenés à l'état de lames extrêmement minces pour augmenter la sensibilité de l'appareil. Au point de croisement des deux lames qui forment un réticule dans le plan focal AB d'une lunette dont l'objectif F est en fluorine, est disposé un petit disque d'argent D, noirci du côté de l'objectif; il constitue la soudure chaude du couple, dont la soudure froide est prise sur le corps même de la lunette. Le diaphragme E est disposé pour que le cône de rayon projeté sur la soudure chaude ait toujours la même ouverture et quel que soit le tirage nécessité par la mise au point. Enfin, pour que l'image focale de la source lumineuse qui peut avoir des dimensions différentes n'intervienne pas, il a été disposé en avant du couple un écran C en forme de croix qui ne laisse à découvert que le disque d'argent formant la soudure du couple. La lunette est reliée à un galvanomètre Deprez-d'Arsonval avec lequel on peut lire des échauffements de la soudure chaude de 1 centième de degré centigrade.

M. Féry a pu constater d'abord ce fait important, que la loi de Stéfan s'applique très régulièrement aux corps noirs, mais à ceux-là seulement, et avec une précision d'autant plus grande que la température est plus élevée.

Enfin il a établi des coefficients qui permettent de calculer le refroidissement par rayonnement [2].

1. *Rayonnement calorifique et lumineux de quelques oxydes* (Thèse, Paris, 1902); et Application des lois du rayonnement à la pyrométrie (*Revue générale des sciences*, septembre 1903).

2. Si l'on appelle M la quantité de chaleur en calories transmises par un corps qui se refroidit, elle se décompose en deux parties, l'une F résultant de la convection, l'autre R due au rayonnement.

Pour la convection, la formule de Dulong et Petit limitée aux températures inférieures à 250° et interprétée par Péclet peut s'écrire :

$$F = fs\,(t - \theta)\,z$$

où s est la surface du corps, f le coefficient de convection variable suivant la forme et les dimensions du corps, t et θ les températures respectives du corps chaud et du corps froid, z le temps.

Si nous revenons maintenant aux radiateurs électrique décrits plus haut, nous voyons que la source calorifique est constituée par une résistance électrique qui est le filament en charbon d'une lampe à incandescence. Cette résistance intercalée dans le circuit sert à transformer intégralement l'énergie électrique qu'elle reçoit en calories à raison de 864 calories par kilowatt-heure.

Ce filament transforme donc une partie des watts absorbés en chaleur transmise par convection de l'ampoule à l'air environnant, et tout le reste en radiations dont une partie seulement est lumineuse.

On a trouvé que le rapport de la chaleur lumineuse rayonnée à la chaleur totale n'est que de 6 à 7 p. 100 pour la lampe normalement poussée pour l'éclairage, c'est-à-dire dans laquelle le filament atteint une température de 1 800° environ; mais la quantité de chaleur rayonnée lumineuse ou obscure est bien plus considérable.

L'utilisation de lampes électriques ordinaires aurait un double inconvénient : d'une part il donnerait lieu à un foyer beaucoup trop lumineux, d'autre part la vie de ces lampes serait très courte. En effet si l'on considère qu'en moyenne le rendement lumineux d'une lampe non poussée est d'environ 3 watts par bougie et que le plus petit type de radiateur exige un kilowatt, le radiateur aurait un éclat de 333 bougies!!

Heureusement les radiations lumineuses décroissent plus vite que l'ensemble des radiations calorifiques, et l'on a pu trouver une température du filament où sa luminosité n'était plus gênante et son pouvoir rayonnant encore très notable.

En outre, quand on fait décroître la température à laquelle on expose le filament, la vie de la lampe qui ne dépasse pas normalement 300 heures, atteint facilement 1 000 ou 1 500 heures. On a donc été amené à étudier la température la plus propice du filament ou l'éclat qu'il doit posséder, et l'on s'est arrêté à une température correspondant au rouge (environ 800°).

Nous avons aussi les éléments pour juger comment on a pu tirer parti de la chaleur communiquée par convection du filament à l'ampoule et de là à l'air ambiant. Si nous plaçons verticalement une lampe, il se formera autour d'elle un cône ascendant d'air chaud qui s'évasera vers le plafond. Mais on a produit par les canaux un courant d'air entraînant avec lui la majeure partie de l'air chauffé par les lampes. On active ainsi singulièrement la dissémination de la chaleur par convection, qui sans cela formerait dans le voisinage immédiat du radiateur une zone beaucoup trop chaude.

M. LEVYLIER,
Ancien élève de l'École Polytechnique.

Lorsque la convection se fait dans un gaz en mouvement comme dans un tuyau, Ser a proposée la formule

$$F = f\sqrt{v}\,(t - \theta)\,sz$$

où f est un coefficient qui varie de 15 à 18 suivant les conditions de l'expérience.

Enfin, pour le rayonnement des *corps noirs*, la formule de Stéfan interprétée par Ch. Féry peut s'écrire

$$R = a\,(T^4 - \theta^4)\,z$$

où a est une constante égale à $5{,}32 \times 10^{-12}$ watts par centimètre carré.

Bulletin Météorologique

La perturbation magnétique au 31 octobre 1903.

Une perturbation magnétique d'une intensité exceptionnelle s'est produite dans la journée du 31 octobre dernier; elle n'a pas été seulement remarquable par l'amplitude des mouvements des barreaux aimantés, mais aussi par le trouble profond qu'elle a apporté au fonctionnement des lignes télégraphiques d'Europe et d'Amérique. La France s'est trouvée presque complètement isolée, télégraphiquement, de 9 heures du matin à 4 h. 40 m. soir où les communications sont redevenues à peu près normales. A Londres, les dépêches du continent n'ont pu être remises que le lendemain matin. Aux États-Unis, la perturbation s'est fait sentir à peu près partout; au moment de son maximum les fils ont accusé une charge de 675 volts.

D'après les observations de la station magnétique du Val-Joyeux (Seine-et-Oise), communiquées à l'Académie des sciences par M. Moureaux, la perturbation a débuté brusquement à 6 h. 12 m. du matin par une hausse simultanée de la déclinaison et de la composante horizontale et par une baisse de la composante verticale. Les grandes oscillations n'ont commencé qu'après 7 heures; elles ont d'ailleurs atteint des amplitudes extraordinaires : c'est ainsi qu'en trois minutes, de 1 h. 52 m. à 1 m. 55, la déclinaison a diminué de 1° 39′; elle s'est relevée ensuite de 1° 28′ entre 2 h. 0 m. et 2 h. 5 m. L'amplitude extrême des variations a atteint 0,00680 soit $\frac{1}{29}$ de la valeur absolue, pour la composante horizontale, et plus de 0,00520 soit $\frac{1}{81}$ de la valeur absolue, pour la composante verticale. La déclinaison a varié de 2° 4′ entre le minimum qui s'est produit à 7 h. 15 m. matin et le maximum qui a eu lieu à 2 h. 31 m. soir.

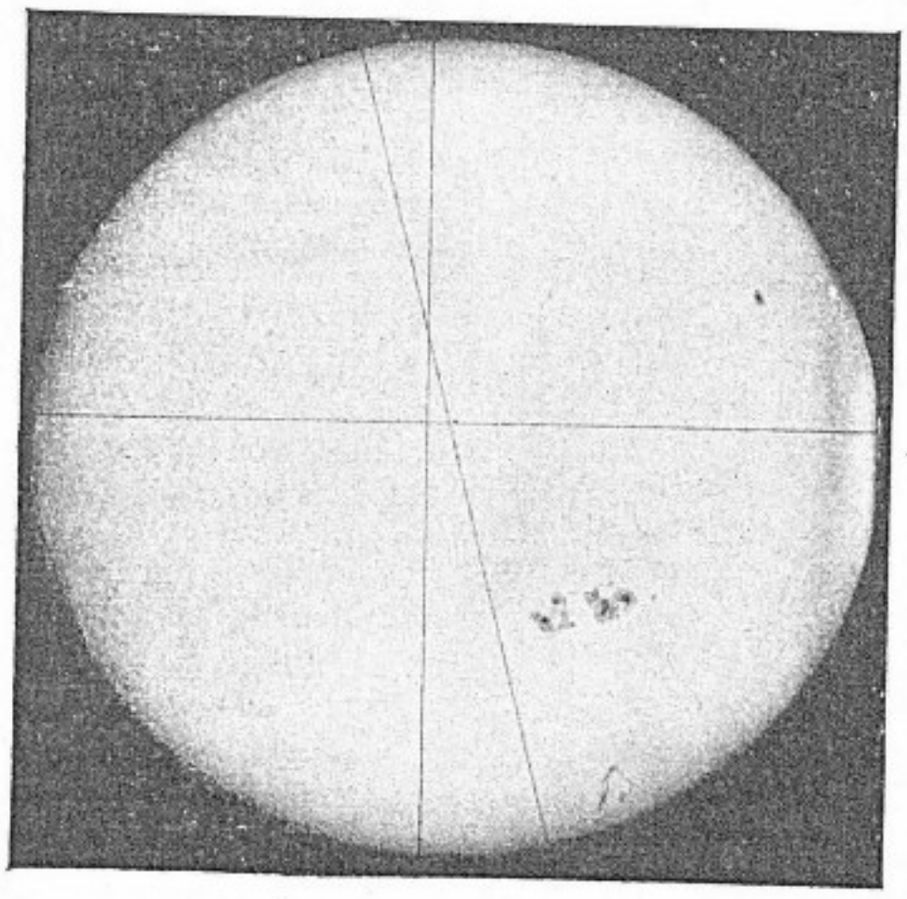
Des phénomènes de même ordre ont été notés dans les observatoires de Lyon, de Nice, de Perpignan, du Pic du Midi; à Lyon, on a constaté vers 3 heures un écart absolument anormal entre la composante verticale et sa valeur moyenne. A l'observatoire de Kew, la variation totale de la déclinaison a atteint 2° 12′ et la composante horizontale a varié de plus de 0,00750 C. G. S.

Les perturbations magnétiques sont généralement accompagnées de phénomènes cosmiques tels que les aurores polaires, les tremblements de terre et le passage de taches sur le soleil. C'est ce qui s'est produit le 31 octobre dernier. Une aurore boréale a été observée à New-York vers 2 heures du matin. Cette aurore a été également aperçue en Irlande et en Écosse. A Sydney en Australie, on a noté une très belle aurore australe dont les rayons s'étendaient presque jusqu'au zénith.

Des secousses de tremblement de terre ont été ressenties en Angleterre dans divers districts du comté d'Essen; un télégramme en signale également en Perse vers la même date.

Enfin, un groupe important de taches solaires a passé au méridien central dans l'après-midi du 31, c'est-à-dire au moment où les troubles magnétiques étaient à leur maximum.

Cette concordance entre l'existence de taches sur le soleil et les troubles magnétiques ou les aurores polaires, a été déjà bien souvent constatée et l'attention des savants s'est portée sur les relations qui pouvaient exister entre ces phénomènes d'apparence si divers.



TACHES SOLAIRES, LE 12 OCTOBRE 1903 A 12 H. 45 M.

(D'après une photographie prise au parc Saint-Maur.)
Le trait incliné figure le méridien central. Le 31 octobre 1903 un troisième groupe est apparu sur le bord oriental du disque.

Le premier point qui soit bien établi et qui paraisse hors de contestation c'est que ces trois phénomènes : taches solaires, troubles magnétiques et aurores polaires sont périodiques et présentent à peu près la même période de onze ans environ. Ainsi, la fréquence et l'intensité des perturbations magnétiques sont maxima aux époques où les taches solaires sont le plus nombreuses. Dans les quarante dernières années les perturbations ont été le plus intenses en 1871, 1882 et 1893; on pouvait donc s'attendre, surtout après la faiblesse de l'activité solaire de 1900 et de 1901, à une recrudescence des troubles magnétiques. C'est celle qui a commencé en octobre dernier.

Il ne parait donc pas douteux qu'il existe une relation entre les taches solaires et les perturbations magnétiques. Cette relation n'est pas cependant celle de cause à effet, car, si on observe fréquemment au moment des troubles magnétiques la présence de taches sur le soleil, il arrive également qu'il se produit des perturbations sans qu'il n'y ait aucune trace de tache, ou bien encore qu'on observe un groupe important de taches sans que les magnétographes décèlent des troubles notables. C'est ainsi, par exemple, que le 11 octobre dernier, on a observé au méridien central du soleil un groupe très important de taches qui mesurait plus de 3′ dans sa plus grande longueur soit plus de 1/10 du diamètre solaire. Ce groupe est beaucoup plus important que celui du 31 et cependant la perturbation magnétique qui s'est effectivement produite le 12 a été loin d'atteindre l'intensité de celle du 31; la variation extrême de la déclinaison a été de 31′ pour le le premier et de 2° 4′ pour la seconde.

On ne peut donc pas attribuer uniquement à l'existence de taches solaires les troubles magnétiques et il faut chercher d'autres facteurs déterminants. On les a trouvés dans d'autres éléments apparents de l'activité solaire tels que les facules ou les protubérances. M. Tacchini a en outre montré que les variations rapides de la forme des taches paraissent avoir une influence sur les perturbations.

CH. GOUTEREAU.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

HISTOIRE DES SCIENCES

MUNIER-CHALMAS. L'HOMME ET LE SAVANT.

Il est parfois des devoirs douloureux et en même temps doux à remplir : tel celui qui m'incombe aujourd'hui. Élève d'un Maître éminent dont la science déplore la perte encore toute récente, je suis heureux de l'invitation qui m'est adressée d'évoquer devant les lecteurs de *La Science au XXe siècle* la figure de celui qui fut mon chef, et je puis ajouter sans trop de présomption, mon ami. Je vais donc brièvement esquisser sa vie scientifique et essayer de faire revivre cette physionomie si originale.

Ernest-Philippe-Auguste Munier-Chalmas naquit à Tournus, petite ville de Saône-et-Loire, le 7 avril 1843. Ses études furent rapides; sa nature indépendante se pliait difficilement à la discipline à laquelle sont généralement soumis les écoliers. A la mort de son père, pharmacien à Tournus, il vint à Paris où il s'occupa de dessin industriel. Cela dura peu d'ailleurs et, dès l'âge

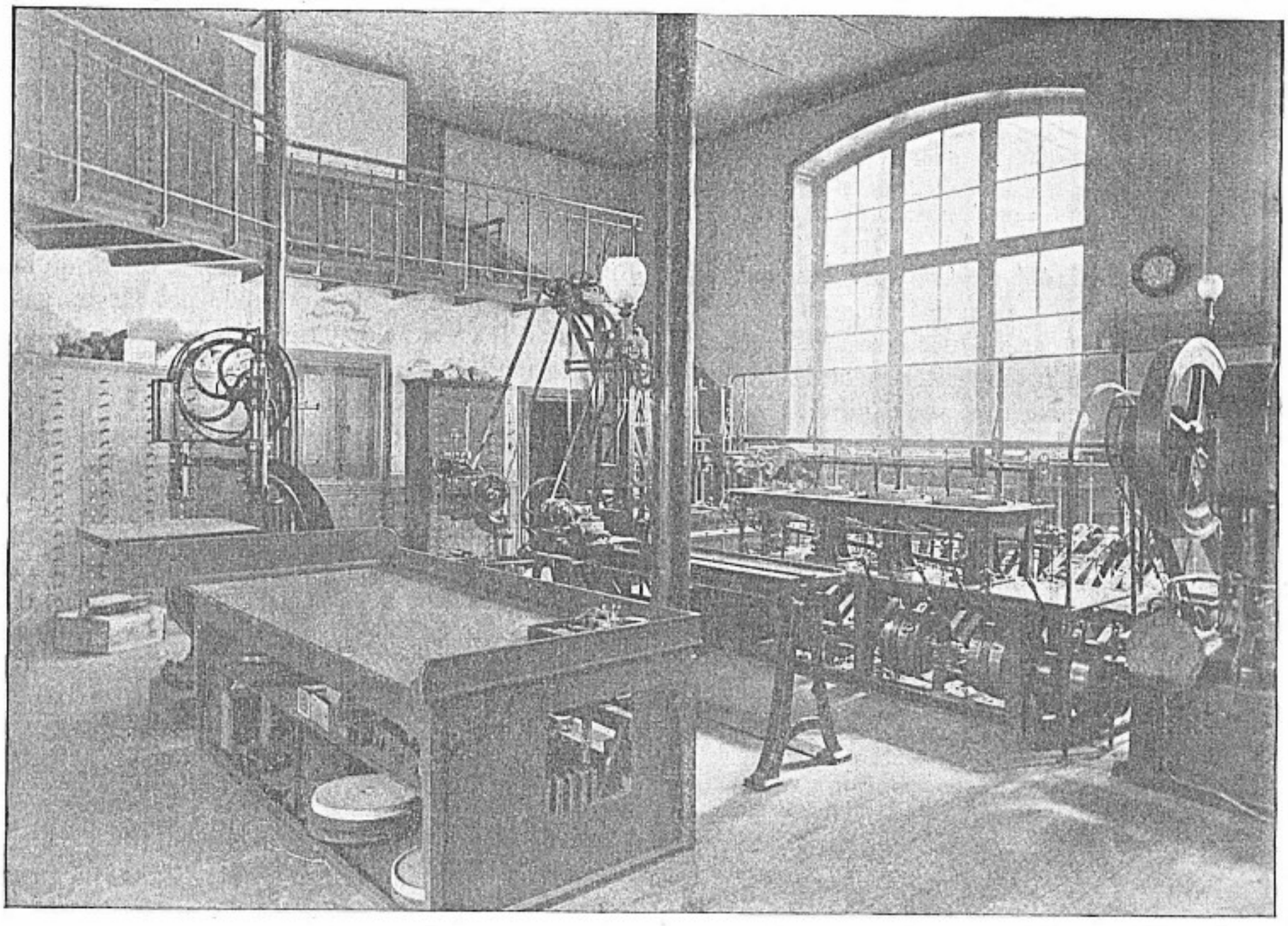


FIG. 1. — ATELIER DU LABORATOIRE DE GÉOLOGIE DE LA SORBONNE.

A droite : moteur à gaz [3 chevaux; 250 tours à la minute; transmission principale 150 tours]. A la suite vers la gauche : tour à polir les roches (Munier-Chalmas) [4 plateaux horizontaux; meule corindon 38 cm. de diamètre; meule grès, 38 cm.; plateau fonte, 38 cm.; plateau laiton, 18 cm. Les 3 premiers sont commandés par le moteur et peuvent tourner à 150 — 300 — 600 tours à la minute. Le 4e plateau est indépendant et peut être commandé à la main pour finir les préparations; couplé avec le moteur il tourne à 450, 900 ou 1800 tours. — Arrosage constant, réglable. — Distribution automatique de corindon, émeri, ou sable grâce à un réservoir cylindrique vertical dont le balancement est commandé par un excentrique.] — Au centre : machine à scier les roches (Munier-Chalmas). [Scie circulaire à axe horizontal, possédant un double mouvement de translation, vertical et horizontal, permettant de faire une série de coupes parallèles dans un échantillon d'épaisseur quelconque. Scie en acier à dents pour roches tendres; disques en acier fortement trempé, coupant les roches dures au moyen d'un jet de corborandum, émeri, ou sable entraînés par l'eau. 16 vitesses variant de 20 à 2 100 tours à la minute.] — En avant du tour à polir, tour parallèle; à gauche de ce dernier, potence d'embrayage des courroies; machine à percer; tout à fait à gauche : scie à ruban.

de quinze ans, il entra au Muséum dans le laboratoire de Delafosse. Il montrait déjà un goût très vif pour les sciences naturelles et spécialement pour celles qui ont comme objet l'écorce terrestre. Tout le temps laissé libre par le ser-

FIG. 2. — MUNIER-CHALMAS (VERS 1880).

vice était consacré à des courses aux environs de Paris; aussi ne manquait-il aucune des excursions organisées par le Muséum ou la Sorbonne. Au cours de ces promenades scientifiques, son ardeur dans la recherche, son désir d'apprendre, son besoin de connaître les causes de toutes choses attirèrent l'attention d'Hébert. Celui-ci l'interrogea sur sa situation, sur ses projets et enfin, frappé des qualités que présentait le jeune géologue, il lui proposa de le prendre dans son laboratoire. C'est ainsi que Munier-Chalmas entra à la Sorbonne. Il y resta sans situation bien définie jusqu'en 1864, époque à laquelle il fut nommé Préparateur du cours de géologie. De fait, il remplissait ces fonctions depuis un an ou deux, tandis que Deslongschamps achevait sa thèse. C'est à ce moment que se place l'apparition du premier travail scientifique de Munier-Chalmas : *Description d'une nouvelle Scissurelle*, insérée dans le Journal de Conchyliologie. Pendant quinze ans, il occupa les fonctions de préparateur, publiant peu, mais travaillant sans relâche.

Bientôt il devint le collaborateur d'Hébert et accomplit avec lui deux missions dans l'Autriche-Hongrie, les Alpes vénitiennes, le Frioul et la Dalmatie. Il se conquit ainsi dans le monde scientifique une juste notoriété, qui lui valut d'être appelé, en 1879, au poste de Sous-Directeur du laboratoire des recherches géologiques, fonction dans laquelle ses qualités trouvèrent le meilleur emploi. Son esprit ouvert aux idées nouvelles et même un peu frondeur corrigeait ce qu'il y avait de trop dogmatique et rigide dans l'enseignement d'Hébert. Son vaste savoir en fait de paléontologie rendait ses avis précieux, tandis que son imagination fertile en expédients aidait à surmonter les difficultés pratiques.

Il contribua ainsi, dans une large part, à former une pléiade de jeunes géologues qui occupent maintenant nombre de chaires dans les Universités françaises. Une autre circonstance l'aida d'ailleurs à atteindre ce résultat. En effet l'activité de Delesse ayant diminué pendant les dernières années de son professorat à l'École normale, Munier-Chalmas fut appelé, en 1880, à diriger les manipulations et les travaux géologiques, et, deux ans après, il fut nommé Maître de Conférences à la même École. Cette nomination n'alla pas sans soulever quelques difficultés, car ce chercheur inlassable avait négligé de passer tout examen ; il lui fallait donc prendre ses grades. Ne pouvant subir les mêmes épreuves que ses élèves, il alla se présenter à Caen, où la chaire de géologie était occupée par Deslongschamps. Il va sans dire que l'examen fut plutôt une formalité. On vit même ce phénomène peu commun d'un élève tutoyant son examinateur et démontrant que ce dernier connaissait incomplètement la question posée. L'anecdote m'a été contée par M. Munier lui-même.

Une fois licencié, il reprit ses recherches et ne songea plus à se faire recevoir docteur ès Sciences. Aussi, à la mort d'Hébert, en 1890, n'avait-il pas le grade nécessaire pour succéder à ce dernier. Cependant la grande notoriété de Munier-Chalmas, due en particulier à ses études sur la géologie parisienne et sur la paléontologie, le désignait pour ce poste. Il se décida alors à passer sa thèse. La soutenance de celle-ci fut des plus remarquables. Le sujet principal était une *Étude du Tithonique, du Crétacé et du Tertiaire du Vicentin*; les deux propositions données par la Faculté : la classification des Echinodermes et les Algues calcaires, deux questions sur lesquelles les propres recherches du candidat avaient jeté un jour tout nouveau. Sitôt docteur (1891), il fut nommé Professeur de géologie à la Sorbonne, fonction dont il s'acquitta jusqu'à la fin avec une grande exactitude et une compétence indiscutable.

Au cours de sa carrière, il reçut en outre diverses distinctions honorifiques. Ainsi, en 1876, il fut le premier lauréat du prix Viquesnel, décerné par la Société Géologique de France. En 1890, il fut vice-président, puis l'année suivante, président de cette Société. En 1892, il fut

appelé à faire partie du Conseil de la carte géologique de France, puis en 1895 il fut créé chevalier de la Légion d'honneur. Enfin, tout récemment, le 25 mai 1903, il fut élu à une très forte majorité membre de l'Académie des Sciences. Il n'y siégea du reste qu'un petit nombre de fois, car, le 8 août, il succombait brusquement à Aix-les-Bains, emporté par une grave maladie de cœur dont il souffrait depuis de longues années. Il était âgé de soixante ans.

Ses travaux scientifiques sont des plus importants, mais combien n'ont jamais été publiés! La liste de ses publications compte cependant 149 numéros, parmi lesquels, il est vrai, un certain nombre de notes brèves. Résumer ici tous ces travaux nous entraînerait trop loin; il faut nous borner aux plus remarquables, parmi lesquels il y a lieu de citer ceux qui ont trait au Nord de l'Italie, au Plateau central, au Jurassique de la Normandie et du Boulonnais. Ce à quoi il a excellé peut-être, ce sont les recherches minutieuses auxquelles il se livra dans le bassin parisien, durant tout le cours de sa longue carrière.

En paléontologie, il s'attaqua aux sujets les plus divers avec un égal succès. Ainsi, il montra que certains petits corps qu'on plaçait généralement dans les Foraminifères étaient en réalité des algues calcaires, ce qui est unanimement adopté aujourd'hui. D'autre part, il signala la présence de la vigne dans les travertins éocènes de Sézanne, et prouva que cette plante est indigène en France.

A diverses reprises, il s'occupa des Foraminifères, pour lesquels il avait une compétence spéciale. Il fit aussi, en collaboration avec M. Schlumberger, une série d'observations sur le dimorphisme des Foraminifères et ses recherches sur ce point sont devenues classiques. Il a aussi longuement étudié les Échinides, dont il donna une classification nouvelle. Il s'occupa également des Brachiopodes, dont il fit de merveilleuses préparations, et décrivit plusieurs genres inédits. Mais les Mollusques, spécialement les Lamellibranches, étaient peut-être ce qu'il connaissait le mieux; ses études sur le développement de la charnière de ces animaux ont servi de point de départ à divers auteurs. Il fit connaître, en outre, beaucoup d'espèces et de genres nouveaux de ce groupe. D'ailleurs les ammonites, particulièrement celles du Jurassique, lui étaient non moins familières. Dans une note à l'Institut (1873) il montra la grande analogie qui existe entre le développement des ammonites et celui des spirules; le dessin du prosiphon, qu'il donna à Fischer pour son Manuel de Conchyliologie, a été reproduit par la plupart des traités de zoologie et de paléontologie. Plus tard, il publia une note sur la possibilité d'admettre un dimorphisme sexuel chez les ammonitidés. Enfin, il établit que les prétendues bélemnites tertiaires devaient être rapportées à des genres spéciaux. Les Vertébrés l'attiraient moins; cependant il s'occupa à diverses reprises de ceux de l'Éocène et de l'Oligocène du bassin de Paris et il a fait, sur ce point, des découvertes importantes, qu'il n'a d'ailleurs pas publiées.

Ceux qui ne connaissaient Munier-Chalmas que par ses écrits ne pouvaient en avoir qu'une idée imparfaite. Pour l'apprécier entièrement, il fallait le voir dans son laboratoire, où il passait toutes ses journées. Là, vraiment, il était dans son élément. Très adroit, ayant à sa disposition

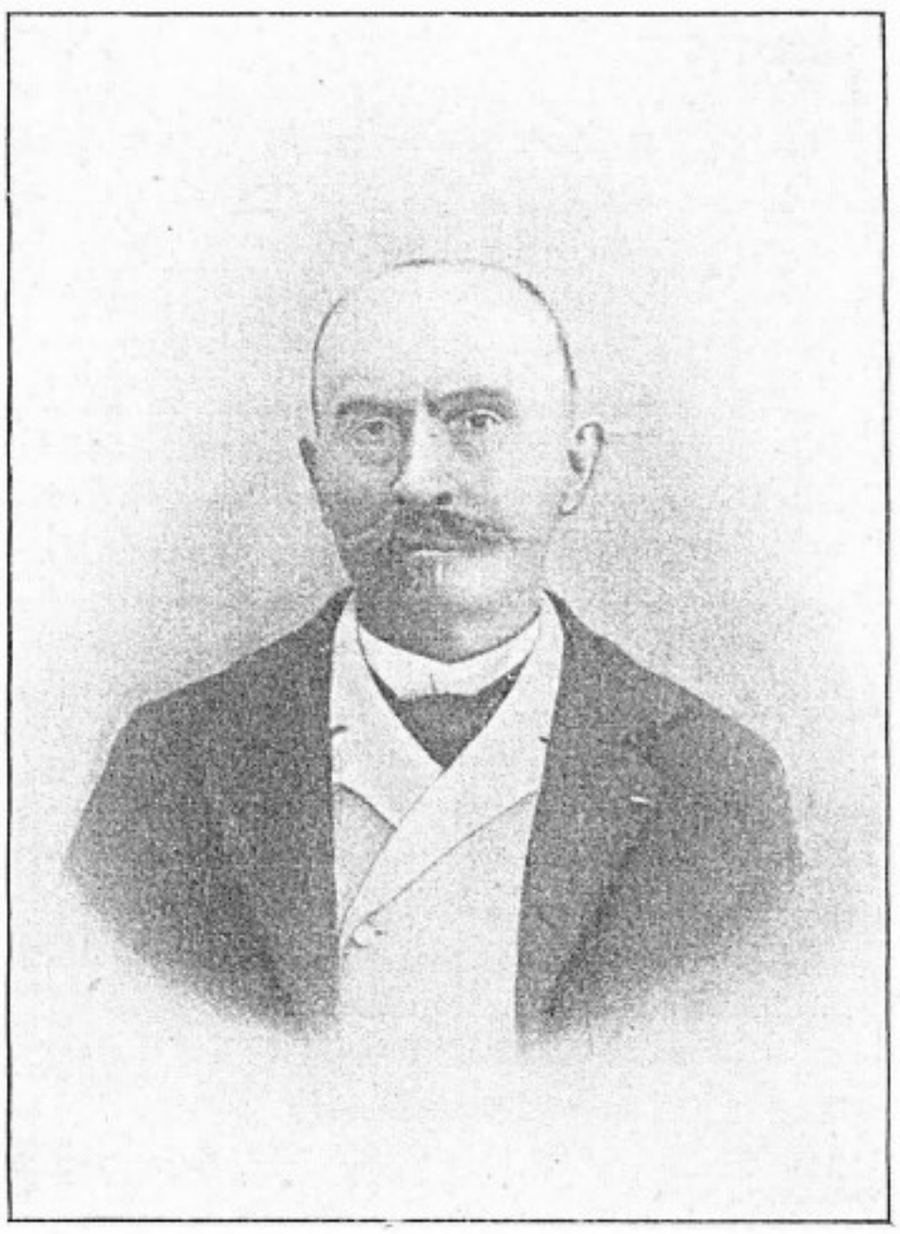


FIG. 3. — MUNIER-CHALMAS (VERS 1896.)

une infinité de tours de main, il n'était vraiment heureux que lorsqu'il avait quelque fossile intéressant à dégager. Il devenait alors d'une admi-

rable patience et commençait vingt fois sans se décourager le même ouvrage. C'est ainsi qu'il a fait ces étonnantes préparations qui ont excité l'admiration de tous ceux qui les ont vues. C'est ainsi que, par des contre-moulages, il obtint ces merveilleuses pièces représentant des crustacés, des insectes, des fleurs dans lesquelles on distingue parfaitement tous les détails, jusqu'aux étamines et aux pistils (fig. 4-5). Il n'aimait pas à expliquer ses *trucs* à n'importe qui, mais il laissait voir volontiers sa manière de faire à ceux qui travaillaient avec lui; il fallait savoir le prendre. Mais combien de nous sont allés à lui avec un échantillon délicat ou rare dans le but plus ou moins avoué de le lui faire dégager. Il vous regardait faire, déclarait que vous n'y entendiez rien et, au bout d'un instant, prenait votre place, pour vous rendre bientôt l'échantillon préparé. Le but était atteint.

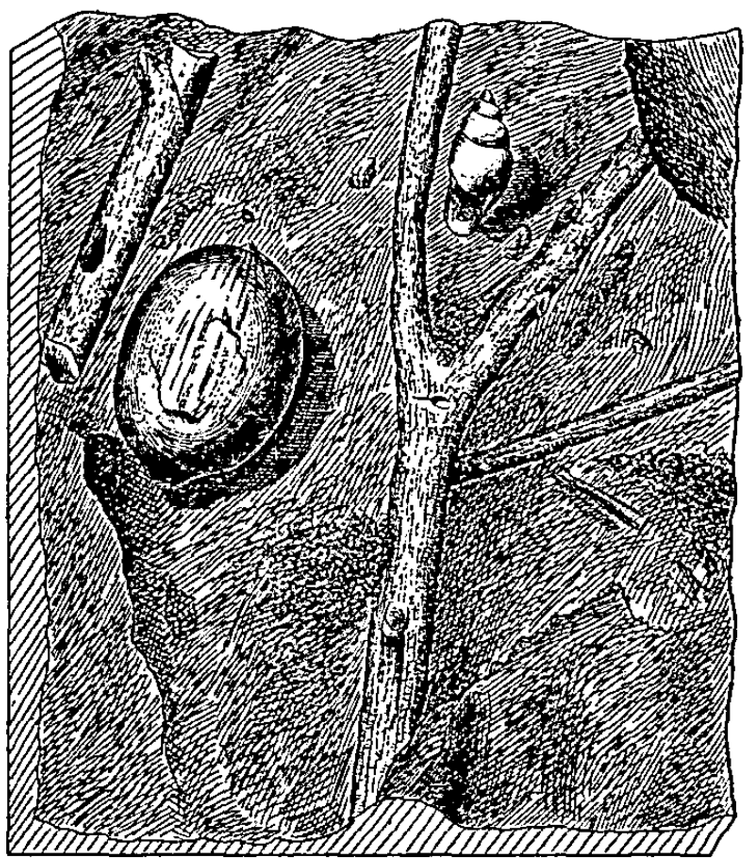


FIG. 4. — CONTRE-MOULAGE D'UNE NOIX ET D'UN GASTEROPODE.
(Travertin de Sézanne.)

La préparation des échantillons est une besogne toujours longue et souvent ingrate. Aussi l'esprit inventif de Munier-Chalmas lui suggéra-t-il divers dispositifs propres à abréger le travail et, au moment où la mort l'a surpris, il venait de mettre la dernière main à une machine très perfectionnée destinée à scier et polir les roches; il avait lui-même fait tous les dessins et voulu que les machines fussent entièrement construites dans son laboratoire. La figure 1 représente ces machines dont je ne puis donner une description détaillée; la légende suffira à en faire connaître les parties principales.

Les excursions présentaient également un vif attrait pour notre regretté Maître. Il a parcouru en tous sens le bassin de Paris, que nul ne connaissait, comme lui, dans les moindres détails. Il aimait à guider lui-même les élèves vers les localités les plus instructives, et seul l'état de sa santé l'avait forcé à y renoncer dans ces dernières années. Il savait intéresser ceux qui le suivaient à ces mille riens qui portent cependant en eux leur enseignement. Aussi ses excursions comportaient-elles de nombreux participants. Il les interrogeait, s'efforçait de leur faire trouver les réponses à ses questions et les obligeait à se rendre compte de ce qu'ils voyaient.

Le travail personnel, les recherches originales étaient évidemment ce qui le captivait le plus. Aussi la préparation du fossile terminée, ou l'étude sur le terrain achevée, son but était atteint; il avait le renseignement désiré et cela lui suffisait, il passait à autre chose. Faire connaître ses découvertes, peu lui importait; écrire était pour lui un supplice; il avait une véritable horreur du papier. Difficile à satisfaire, il recommençait dix fois et bien souvent abandonnait le porte-plume pour retourner à l'atelier. Aussi combien de ses découvertes, et des plus intéressantes, sont-elles restées à jamais inédites! Un certain nombre furent exposées à son cours; d'autres n'ont vu le jour que grâce à des communications verbales faites à des amis. Bien des remarques judicieuses sur des espèces ou des genres nouveaux ou mal connus ont été publiées seulement dans les manuels de P. Fischer et de F. Bernard. De même une foule d'observations géologiques de Munier-Chalmas ont été connues par les éditions successives du traité de Lappa-

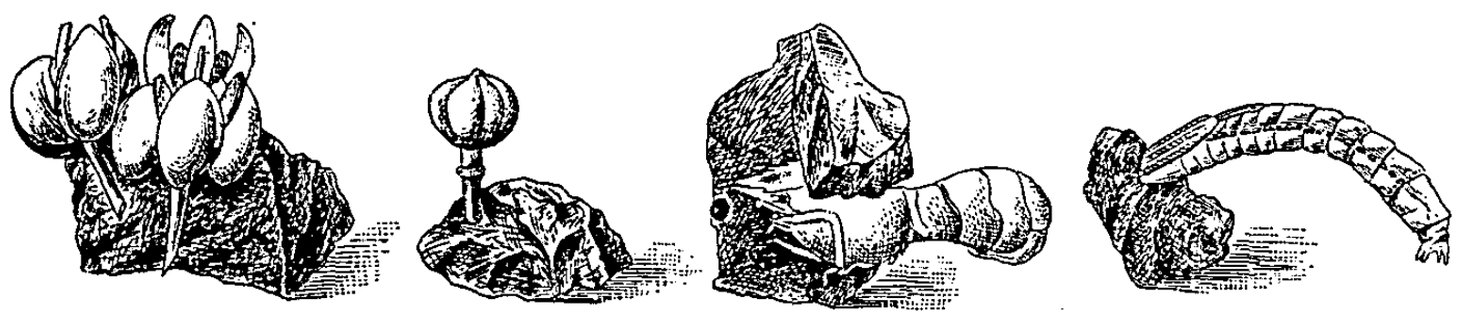


FIG. 5. — FLEURS, FRUITS, CRUSTACÉ (ÉCREVISSE), LARVE, OBTENUS PAR CONTRE-MOULAGE.
(Travertin de Sézanne).

rent. Il élabora en outre, en collaboration avec ce dernier, une nomenclature des terrains sédimentaires qui a reçu l'adhésion de très nombreux géologues.

Si Munier-Chalmas écrivait peu, il ne lisait guère plus. Travailler beaucoup par lui-même, voir les choses par ses propres yeux lui semblait bien préférable. Doué d'ailleurs d'une mémoire prodigieuse, il se rappelait tout ce qu'il avait vu ou entendu et se retrouvait sans peine au milieu de l'immense collection de la Sorbonne. Une de ses qualités les plus précieuses était son coup d'œil d'une rare sûreté. Au premier regard, il distinguait le trait saillant et saisissait la valeur relative des caractères, ainsi que leurs rapports de corrélation. Dans un lot de fossiles étiquetés comme semblables, un échantillon disparate s'était-il glissé par erreur, immédiatement l'œil de Munier était attiré, comme fasciné par l'intrus. Observateur scrupuleux et d'ailleurs très prudent, il n'avançait un fait que lorsqu'il en était sûr; ses observations ont pu être complétées, bien rarement, sinon jamais elles n'ont été contredites. Bref, il avait toutes les qualités qui font le vrai naturaliste.

Il faisait libéralement part de ses découvertes à ses élèves, leur permettant d'en tirer parti. Ayant son franc parler avec tout le monde, il ne ménageait pas les critiques à ceux qui l'entouraient. En outre, il apportait dans la discussion une grande vivacité, tenant à l'intérêt même qu'il portait à la vérité. Les étrangers, ou ceux qui le connaissaient mal, ont pu parfois en être un peu étonnés; ses amis et ses élèves savaient qu'il n'y avait en lui que le désir de les contraindre à observer plus exactement, à serrer la vérité de plus près. Mais s'il était parfois brusque dans ses remarques à ses élèves, quand il parlait d'eux c'était en de tout autres termes; il prenait chaleureusement leur parti et savait mettre en relief tout ce qui pouvait leur être favorable. L'auteur de ces lignes en a fait plusieurs fois la précieuse expérience.

Qu'il me soit donc permis, en terminant, d'exprimer mes sentiments de respectueuse reconnaissance envers celui qui fut mon Maître et de m'associer de tout cœur à ceux qui regrettent en lui l'un des représentants les plus éminents de la science contemporaine.

L. PERVINQUIÈRE,
Chef des Travaux au Laboratoire de Géologie.

CHIMIE INDUSTRIELLE

LA FABRICATION DE L'ACIDE SULFURIQUE. LES GRANDES ETAPES DE SON HISTOIRE.

L'acide sulfurique est de beaucoup le plus important des produits de l'industrie chimique et sa fabrication est l'un des problèmes capitaux — avec l'extraction de la houille et la production du fer — qui ont de tous temps occupé l'attention et absorbé les efforts des savants et des industriels.

Pour les nations européennes la production de l'acide sulfurique pourrait presque être considérée comme le critérium de l'activité générale des industries chimiques.

Dans ces quinze dernières années, de nouveaux procédés pour la fabrication de l'acide sulfurique ont été imaginés et leur apparition a provoqué d'importantes modifications dans l'industrie de cet acide.

En voici, à grandes lignes, l'histoire.

Principe de la fabrication. — Le principe de la fabrication de l'acide sulfurique est la fixation de *l'oxygène* et de l'eau sur *l'anhydride sulfureux*[1].

Il faut d'abord obtenir l'anhydride sulfureux : la préparation de ce corps a été l'une des premières et des plus grandes difficultés à surmonter. La combustion du soufre dans l'air le donne bien, mélangé, il est vrai, d'azote, mais le prix relativement élevé du soufre rend son emploi onéreux. La source de soufre que l'on utilise généralement est la *pyrite* ou sulfure de fer, dont la combustion donne l'anhydride sulfureux et un oxyde de fer qui est utilisé dans la métallurgie pour la production du fer, ou bien la *blende* ou sulfure de zinc, dont la combustion donne également l'anhydride désiré. Ces minerais, surtout la pyrite, forment des gisements

1. L'anhydride sulfureux a pour formule SO^2 et on voit qu'en fixant sur lui de l'oxygène et de l'eau, on obtient le corps $SO^4H^2 = (SO^2 + O + H^2O)$ qui est l'acide sulfurique; cette fixation peut se faire en deux phases :

$SO^2 + O = SO^3$ anhydride sulfurique.
$SO^3 + H^2O = SO^4H^2$ acide sulfurique.

très abondants en France et en Espagne, qui approvisionnent le marché européen. La combustion ou *grillage* des pyrites s'effectue dans des fours à grand débit (fours Maletra) aux dépens de l'oxygène atmosphérique et donne, outre l'oxyde de fer signalé déjà, des produits gazeux formés d'anhydride sulfureux (9 p. 100) avec des traces d'anhydride sulfurique, de l'azote (80 p. 100) et un peu d'oxygène résiduel (10 p. 100). C'est ce mélange qu'il s'agit d'utiliser pour la transformation de l'anhydride sulfureux en acide sulfurique normal.

Le procédé le plus simple pour utiliser un tel mélange serait de le mettre en contact avec de l'eau qui dissout abondamment le gaz sulfureux, la solution obtenue fixe spontanément l'oxygène atmosphérique en donnant de l'acide sulfurique qu'on isolerait par concentration ; mais cette méthode est très lente et n'est pas par suite utilisable industriellement.

Un perfectionnement important consiste à réaliser la combustion du soufre ou du composé sulfuré en présence d'un azotate ; il se fait alors aux dépens de l'oxygène de ce dernier sel une plus forte proportion d'anhydride sulfurique qui, en présence d'eau, donne l'acide cherché.

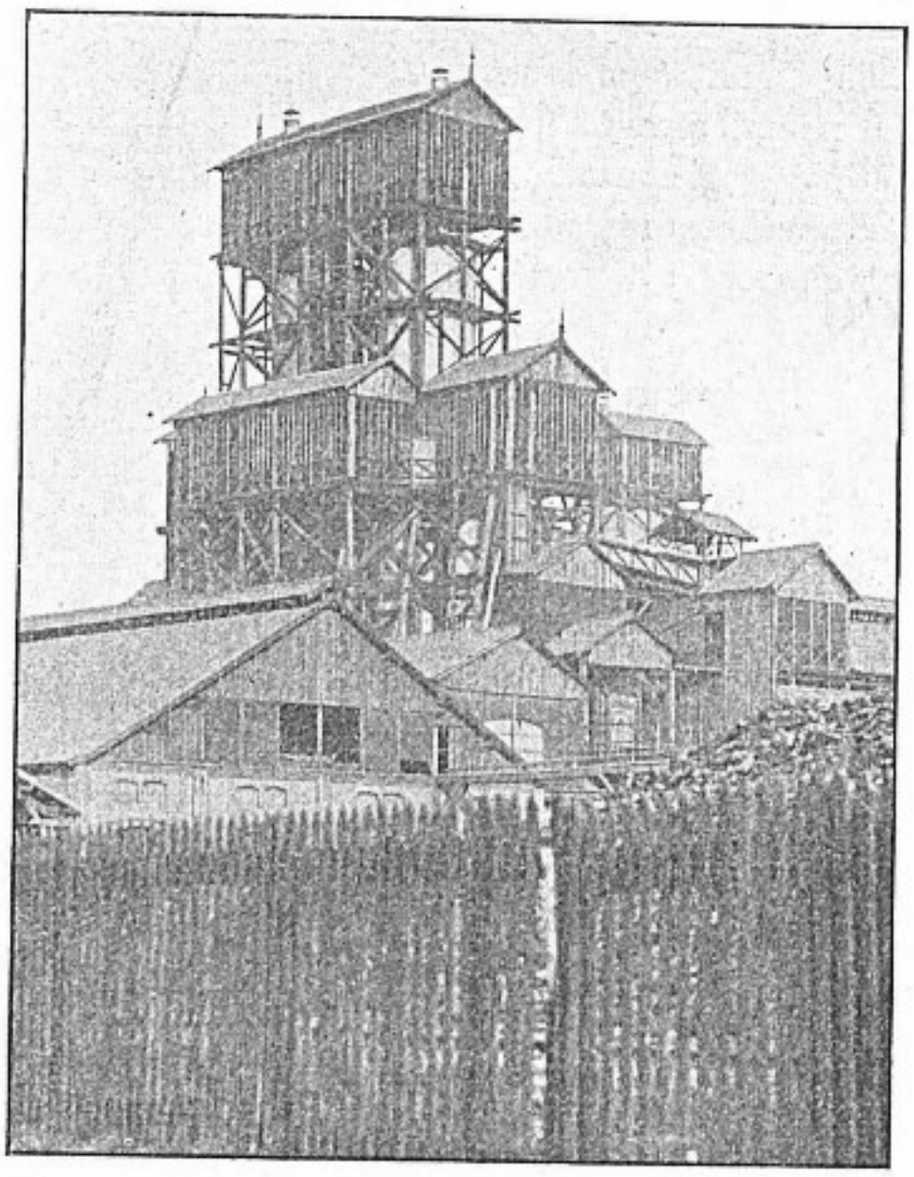


FIG. 1. — USINES KÜHLMANN. TOURS DE GLOWER ET GAY-LUSSAC AVEC ÉCHAFAUDAGES D'ACCESSOIRES.

Histoire de la fabrication de l'acide sulfurique. — C'est là l'origine de la fabrication industrielle, pratiquée déjà vers 1700 en Angleterre : on employait alors de grands ballons en verre de 100 à 200 l. de capacité dans le col desquels on brûlait un mélange de soufre et d'azotate de potassium en présence d'eau.

En 1740, on eut l'idée de remplacer les ballons en verre, coûteux, fragiles et peu maniables, par des chambres de bois garnies intérieurement de feuilles de plomb et dans lesquelles on introduisait un wagonnet chargé du mélange de soufre et d'azotate préalablement enflammé.

Vers 1760, la fabrication de l'acide sulfurique, désigné à cette époque sous le nom d'*huile de vitriol*, passa d'Angleterre en France, et fut entreprise à Rouen avec des chambres de 120 mc. de capacité, c'est-à-dire environ deux fois la contenance d'un wagon à marchandises.

On remarquera que le nitrate agit surtout par les produits gazeux de sa décomposition, ce qui permit dans la suite de n'utiliser pour la production de l'acide que des gaz faciles à introduire au moyen de canalisations fixes, dans les chambres à réaction.

On entrait ainsi dans la phase qui fut considérée longtemps comme à peu près définitive : emploi de vastes chambres de plomb dans lesquelles le mélange gazeux se transforme en acide sulfurique en empruntant l'oxygène à l'atmosphère par l'intermédiaire des composés oxygénés de l'azote ; ceux-ci l'absorbent momentanément et le fixent sur l'anhydride sulfureux en revenant à leur état inital.

Une pratique journalière avait permis de porter à un très haut degré de perfection la fabrication des acides courants. Suppression presque absolue de la main-d'œuvre, réduction au minimum des pertes en composés azotés, utilisation totale de l'anhydride sulfureux et par suite du soufre, tout cela concourait à abaisser le prix de l'acide sulfurique et à le maintenir au voisinage de 3 à 4 centimes par kilo[1]. Du reste, des recherches magistrales avaient fait connaître le rôle des chambres de plomb et expliqué le mécanisme de leur fonctionnement.

Production de l'acide sulfurique en France et en Allemagne. — Voici quelques chiffres qui donneront une idée de l'importance de cette

1. Le prix de l'acide sulfurique, qui était au début de 110 fr. le kilo, tomba à 6 fr. par l'emploi du salpêtre (azotate de K) vers 1750, puis à 0 fr. 50 vers 1800.

industrie. En France, il y a 50 usines produisant de l'acide sulfurique : 46 brûlent de la pyrite et donnent annuellement 841 000 tonnes ; 2 brûlent de la blende et produisent 23 000 tonnes; 2 autres brûlent du soufre et donnent 5 500 tonnes, soit donc en tout environ 870 000 tonnes, c'est-à-dire de quoi composer 3 500 trains de marchandises de 25 wagons chacun à pleine charge.

En Allemagne, la production pour l'année 1897 a été de 845 000 tonnes réparties en 73 usines dont la plupart brûlent de la blende (835 000 tonnes).

Dans chacun de ces pays la production d'acide sulfurique doublait presque régulièrement à chaque période de quinze années, voici par exemple les chiffres de l'Allemagne pour les années 1882, 1890 et 1897 :

358 000 tonnes 627 000 tonnes 845 000 tonnes.

Pour répondre à la consommation sans cesse croissante, on installait des usines de plus en plus vastes et on était arrivé à en construire dont les chambres de plomb avaient un volume total de 120 000 mc.

Il semblait donc que cette industrie avait devant elle une ère de prospérité, de tranquillité et de légitimes bénéfices à réaliser, lorsqu'elle vit surgir tout à coup, d'une façon assez inattendue et tout de suite menaçante, un concurrent sérieux : la fabrication de l'acide sulfurique par *les procédés de contact*.

Acides de Nordhausen. — A vrai dire, les chambres de plomb ne donnaient pas à l'industrie les diverses sortes d'acide sulfurique, très concentré (acides fumants), dont celle-ci à besoin [1]. Et cependant certaines industries, celle des matières colorantes entre autres, en exigent d'assez notables quantités pour des réactions que l'acide concentré ordinaire est impuissant à réaliser. Aussi une industrie annexe de celle dont nous venons de parler s'était-elle installée, dès le commencement du siècle dernier, particulièrement en Saxe; elle produisait par la distillation de certains sulfates métalliques un acide spécial dit pyrosulfurique ou *acide Nordhausen* [2].

Aujourd'hui cette industrie, qui avait produit en 1873, à l'aide de 120 fours, 66 000 quintaux d'acide fumant, a complètement disparu, ruinée en quelques années par une industrie rivale basée sur « les procédés de contact ».

Procédés de contact. — Le principe de la production de l'acide sulfurique par les « procédés de contact » consiste à réaliser directement la réaction fondamentale : oxydation de l'anhydride sulfureux, puis à dissoudre ce corps dans de l'acide sulfurique normal obtenu lui-même en combinant l'anhydride sulfurique à une quantité déterminée d'eau; au lieu d'être obligé pour produire des acides à haut titre d'enlever de l'eau à l'acide ordinaire, on peut ici ajouter des quantités croissantes d'anhydride à une quantité limitée d'acide et élever ainsi son *titre*, c'est-à-dire lui donner cette faculté de réaction qu'exigent de lui les industries auxquelles nous avons fait allusion tout à l'heure.

Il semble que la combinaison de l'anhydride sulfureux et de l'oxygène doive être très facile, car elle dégage une quantité de chaleur considérable; mais cette circonstance, loin d'être un avantage, peut, au contraire, devenir un inconvénient parce que, si on n'y prend garde, la chaleur dégagée élève la température de l'anhydride formé et le décompose en ses constituants, c'est-à-dire que la réaction désirée est limitée par la réaction inverse, et qu'on se heurte, de ce fait, à une difficulté qui *a priori* paraît insurmontable.

Néanmoins l'idée d'employer cette réaction remonte déjà très loin, puisque, vers 1830, un fabricant anglais réalisa la formation d'anhydride sulfurique en faisant passer un mélange de gaz sulfureux et d'oxygène sur du platine extrêmement divisé qu'on retrouve intact, mais dont la présence est indispensable; cette découverte fut confirmée en France par Kühlmann et en Allemagne; mais le platine, très actif au début, perd peu à peu ses facultés et finit par être sans action sur le mélange gazeux. On peut d'ailleurs obtenir des effets analogues en employant, au lieu de platine, soit du sable ferrugineux, soit du sesquioxyde de fer.

En 1875, un chimiste allemand, Winckler, reprit la question et arriva à un résultat pratique; croyant avoir démontré que tout excès d'oxygène par rapport à la composition du mélange théorique [qui correspond en poids à 64 kilog. d'anhydride sulfureux pour 16 kilog. d'oxygène, ou en volume à 2 mc. d'anhydride pour 1 mc. d'oxygène], empêche la combinaison de ces composants en vue de la formation de l'anhydride sulfurique, il s'attachait à réaliser

1. En particulier les acides dits à haut titre (ou acides fumants) que l'on peut considérer comme des solutions, en proportions variables, de SO^3 dans SO^4H^2 ne peuvent pas être obtenus directement par le procédé des chambres de plomb.

2. Sa composition correspond à la formule $SO^4H^2 + SO^3$.

un tel mélange en décomposant par la chaleur l'acide sulfurique ordinaire et en absorbant la vapeur d'eau qui en résulte; les gaz obtenus par cette opération ont la composition désirée et sont combinés en présence de platine divisé pour former l'anhydride sulfurique qui sert à enrichir l'acide ordinaire. Comme on le voit ce procédé est tributaire du procédé des chambres de plomb : loin de le concurrencer, il n'est viable qu'en raison de la grande valeur des acides à haut titre.

Mais il ne résout pas complètement la question puisqu'il écarte tout mélange autre que le mélange théorique et exclut par conséquent le mélange gazeux industriel fort différent, obtenu, comme on l'a vu plus haut, par le grillage des sulfures métalliques : il semble que Winckler,

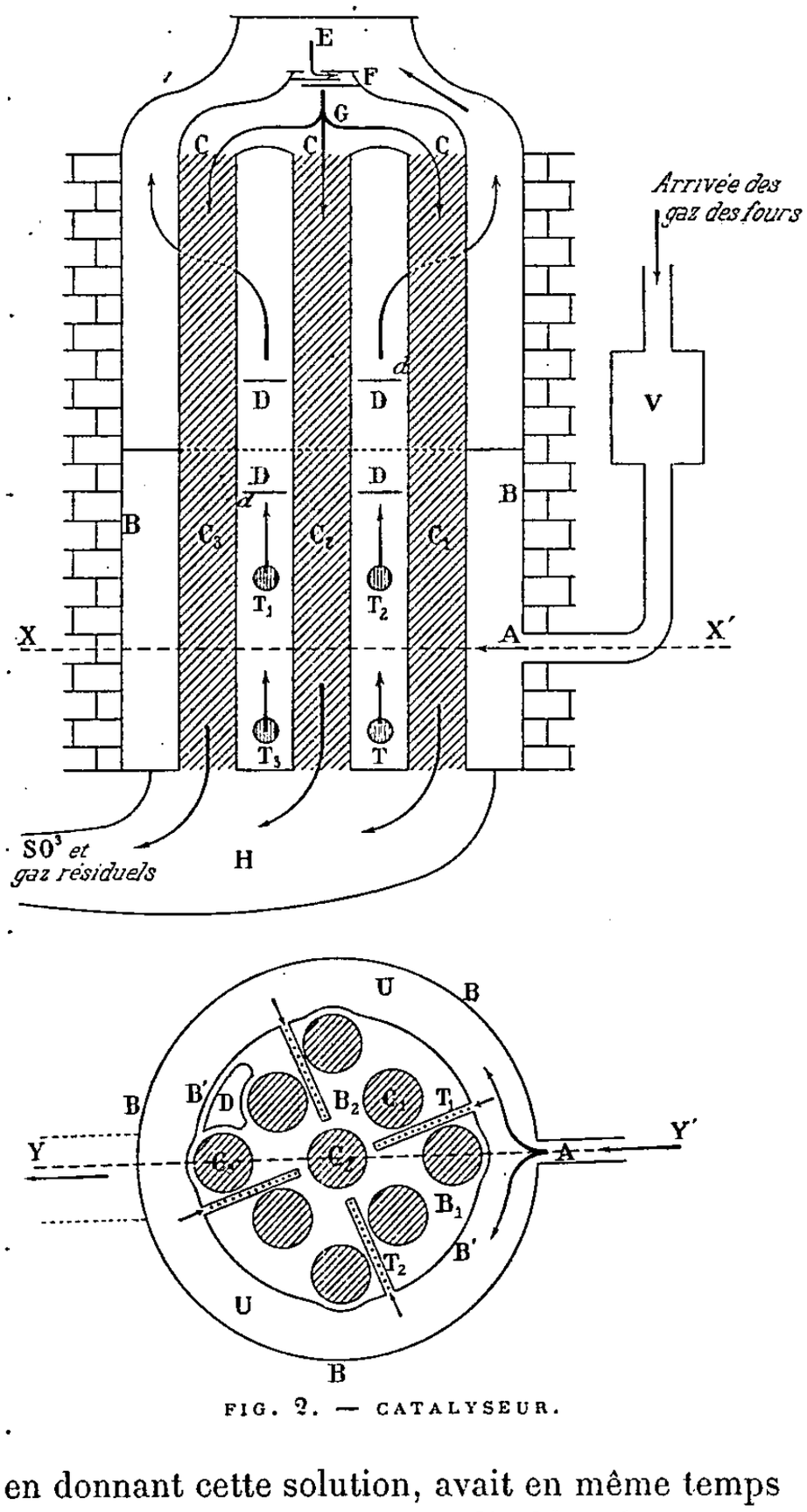


FIG. 2. — CATALYSEUR.

en donnant cette solution, avait en même temps fixé le terme des progrès réalisables dans cette voie.

Mais ses conclusions reposaient sur une inexactitude; les essais entrepris par l'importante fabrique allemande de produits chimiques Badische Anilin und Soda Fabrikation montrèrent en effet qu'un excès d'oxygène n'empêche nullement la formation de l'anhydride sulfurique; le facteur important dans cette opération est la température qui doit être maintenue entre 450° et 500°; en deçà la réaction n'a pas lieu; au delà l'anhydride formé est décomposé, ce qui pratiquement revient au même puisque le rendement se trouve diminué dans les deux cas. Il faut en outre, pour la réaliser, la présence d'un corps tel que le platine pris sous une forme très divisée (amiante platinée ou mousse de platine) qui augmente la vitesse de la réaction et sert de *catalyseur*.

Les gaz des fours à pyrite — ceux dont l'utilisation constitue la solution du problème industriel — admis sur le catalyseur maintenu à température convenable se transforment en anhydride sulfurique qui peut être dissous dans l'acide ordinaire et en gaz résiduels sans valeur (formés surtout d'azote) qu'on rejette dans l'atmosphère; toutefois, avant d'en arriver là, on a eu à surmonter des difficultés énormes et sans cesse renaissantes. Le catalyseur, très actif au début, s'affaiblit progressivement puis devient inerte; de patientes recherches ont montré que cela est dû à la présence de vapeurs métalliques qui se trouvent en quantités infimes dans le mélange gazeux; le mercure et le cuivre sont dangereux, mais c'est surtout l'arsenic qui est particulièrement pernicieux puisqu'il suffit que la masse catalysante en contienne 1 p. 100 de son poids pour devenir inactive. Avant donc d'admettre les gaz dans le catalyseur (chambre à réaction) il faut d'abord les refroidir puisqu'ils sont à environ 1 000° et dépassent de 500° au moins la température optimum, puis les purifier et les débarrasser avec le plus grand soin de leurs poussières et vapeurs métalliques; mais les dispositifs employés à cet usage refroidissent trop fortement les gaz qu'il faut ensuite réchauffer pour les mettre en état de réagir; par une conception économique ingénieuse on emploie dans ce but le dégagement de chaleur qui se produit dans les catalyseurs et on arrive ainsi à maintenir vers 500° la température de ces derniers tout en réchauffant au voisinage de 350-400° les gaz appelés à réagir.

L'appareil qui réalise ces conditions, le catalyseur qui devient l'agent par excellence de la production d'anhydride sulfurique dans le procédé de contact, comme les chambres de plomb

l'étaient dans l'ancien procédé mérite une description sommaire. On a imaginé un grand nombre de dispositifs dont le suivant peut être pris comme type. Les gaz à traiter passent dans un appareil V qui permet de les chauffer quand on veut mettre l'appareil en marche, mais qui ensuite n'a plus d'utilité; ils arrivent par A dans un grand cylindre vertical en fonte B entouré de maçonnerie; ce cylindre contient une série de tubes C_1, C_2, C_3,... verticaux dans lesquels se trouve disposé l'amiante platinée qui est la substance de contact; avant d'être admis dans ces tubes, les gaz circulent dans l'espace annulaire U entre B et B'; puis au moyen de tubes horizontaux T_1 T_2,... percés de trous et disposés suivant des rayons du cylindre B, ils pénètrent dans les espaces laissés libres B_1, B_2... et dans B' par les tubes C; pour forcer ces gaz à refroidir ces tubes et à s'échauffer régulièrement, on a disposé dans ces espaces, de loin en loin, des plaques de fonte D dont les bords sont voisins des parois des tubes C et c'est dans l'intervalle étroit *d* que les gaz circulent en s'élevant dans l'appareil; ils atteignent ainsi un dôme E où ils sont réunis, puis traversent un mélangeur F formé de plaques horizontales disposées en chicane et de là se rendent dans une chambre G dans laquelle prennent jour les tubes C entre lesquels le gaz se distribue régulièrement; dans ces tubes a lieu la réaction génératrice de l'anhydride sulfurique; le mélange d'azote et d'anhydride sulfurique se rend par une canalisation collectrice aux absorbeurs qui retiennent le produit principal et laissent échapper l'azote (voir fig. 2).

Quant à la substance de contact qui remplit les tubes C, elle doit être maintenue poreuse et, pour éviter le tassement qui se produirait fatalement par suite de la circulation gazeuse, on la dispose sur des plateaux perforés horizontaux; ces plateaux sont montés sur une tige métallique centrale et tenus séparés les uns des autres (fig. 3); le tassement n'a pas lieu et la visite des catalyseurs est rendue très facile.

A l'aide de cet appareil, on transforme en anhydride sulfurique les 98 p. 100 de l'anhydride sulfureux employé : c'est donc un rendement parfait; en outre le matériel nécessaire est beaucoup moins encombrant et moins coûteux que les chambres de plomb; rien que sur l'installation, on réalise une économie de 30 à 40 p. 100 environ.

Dans d'autres usines (Verein chemischer Fabriken) on emploie comme substance de contact du sesquioxyde de fer; ce corps est moins actif que l'amiante platinée puisqu'il ne transforme que 60 à 70 p. 100 de l'anhydride sulfureux admis dans les appareils; mais il permet

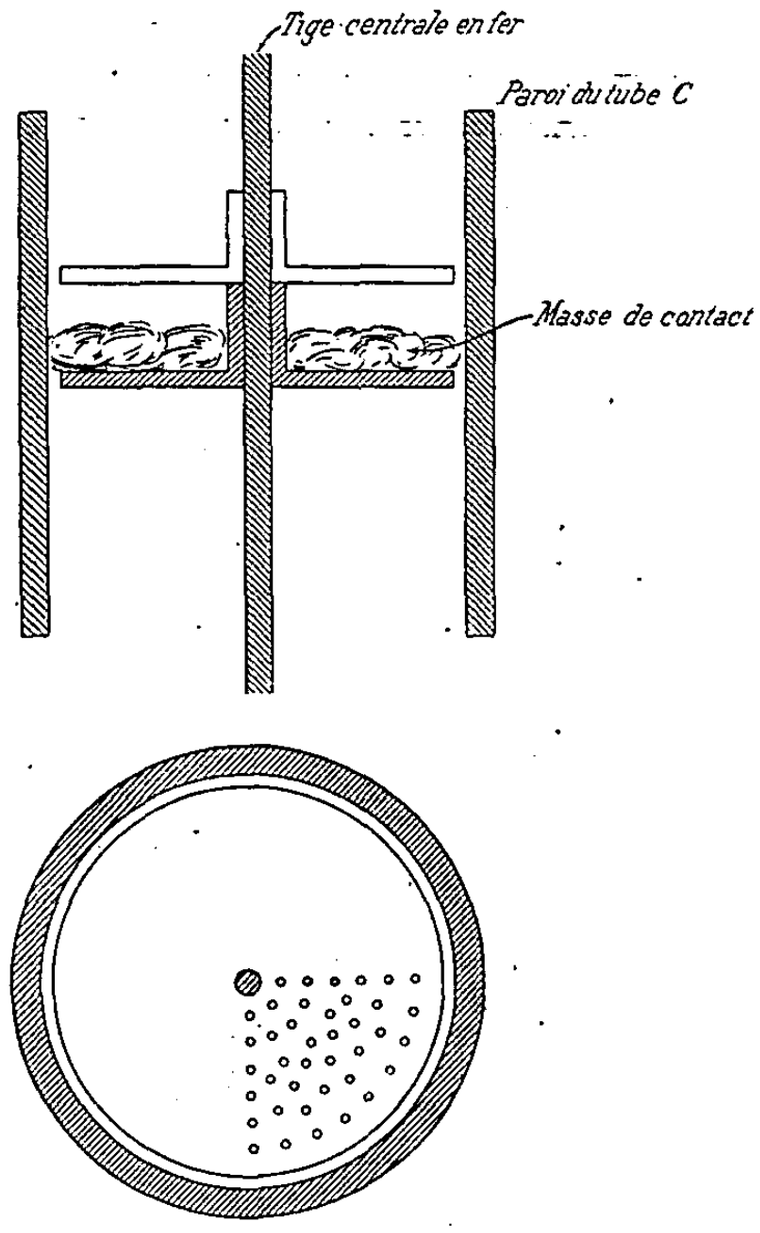


FIG. 3. — RÉPARTITION DE LA SUBSTANCE DE CONTACT.
(Tout le disque est perforé.)

d'éviter la purification si difficile des gaz parce qu'on peut, à cause du bas prix de cet oxyde, le rejeter quand il est devenu inactif et le remplacer par une substance de pleine activité, ce qui est impossible dans le cas du platine, métal très cher.

Ces deux procédés fonctionnent en Allemagne et s'y développent rapidement puisque la production des acides à haut titre s'est élevée de 18 500 tonnes en 1888 à 116.000 tonnes en 1900; une maison française, concessionnaire des brevets allemands, a entrepris en France la fabrication de ces produits.

Cette industrie nouvelle a complètement ruiné l'industrie des acides dit « de Nordhausen ».

Jusqu'ici rien ne paraît changé dans la production de l'acide sulfurique ordinaire. Mais il se pourrait que le procédé de contact vînt concurrencer l'ancien procédé. Il y a là pour nos industries françaises un enseignement et peut-être une menace.

P. LEMOULT.

MÉDECINE

DU ROLE DES INSECTES DANS LA TRANSMISSION DES MALADIES.

Le rôle pathogène des Insectes ne se borne pas aux seules manifestations morbides qu'ils déterminent par leurs moyens propres. Ces êtres peuvent en outre agir sur les hôtes qu'ils habitent d'une manière tout indirecte par l'intermédiaire des germes infectieux qu'ils véhiculent. Ils constituent de véritables *véhicules-germes*, au même titre que les milieux inanimés, l'air, l'eau, etc., plus anciennement connus, et réalisent un mode nouveau de contagion. On s'explique ainsi qu'il n'y ait aucun parallélisme entre la nocivité de ces êtres et leur degré de parasitisme. Ce ne sont pas toujours, en effet, les parasites qui affectent avec l'hôte les rapports les plus étroits qui occasionnent les plus grandes perturbations chez ce dernier; au contraire, les lésions qu'ils provoquent sont le plus souvent purement locales. Et pour ne citer qu'un exemple, la Puce Chique, parasite qui pénètre dans les téguments où il se loge pour y pondre ses œufs, ne détermine jamais par sa seule action de troubles bien graves, quand l'*échiquage* est opéré à temps. Et si ce n'était la localisation des lésions aux membres inférieurs et aux pieds qui immobilise les porteurs des convois, accident grave dans les pays où les bêtes de somme sont rares, ce parasite ne serait guère à redouter.

C'est plutôt aux insectes à parasitisme plus large, habitant seulement la surface des téguments ou visitant l'hôte à des intervalles plus ou moins longs, qu'est dévolu le rôle de *véhicules-germes animés*. Les uns, comme la mouche domestique, pourvus d'un appareil buccal délicat, se contentent de lécher à l'aide de leur trompe les sécrétions de la peau. Leur effet direct sur l'hôte dont la peau est saine et intacte se borne à des chatouillements désagréables qui traduisent leurs visites importunes. Mais ils peuvent contaminer les plaies, les aliments et les ustensiles de ménage, soit par le contact de leurs corps et de ses appendices (ailes, pattes, trompes, etc.), souillés par les déjections des malades ou les viandes en putréfaction sur lesquelles elles se posent, soit encore par leurs excréments. Des expériences ont, en effet, montré que les microbes peuvent traverser le tube digestif des mouches sans perdre de leur virulence. Ce mode de transmission a été invoqué notamment pour la fièvre typhoïde et le choléra; affections à détermination intestinale et dont les microbes spécifiques passent dans les selles des malades. Il semble toutefois ne se présenter qu'accidentellement dans ces deux affections.

D'autres parasites, mieux doués au point de vue de leur appareil buccal, armés d'aiguillons et de trompes robustes, capables d'entamer la peau, puisent directement le sang de l'hôte dont ils se nourrissent. Ils ingèrent en même temps les parasites de ce dernier et peuvent ainsi les inoculer aux proies qu'ils visitent ensuite. Les insectes réalisent ainsi un mode d'infection en tout comparable aux procédés d'inoculation employés dans les laboratoires. Les maladies relevant de ces procédés de transmission sont peu répandues dans les pays tempérés, elles n'atteignent leur développement que dans les régions chaudes du globe. Là, en effet, les insectes suçeurs de sang fourmillent et deviennent pour l'homme et les animaux de véritables fléaux. Aussi n'est-ce que de nos jours, où l'activité humaine, trop à l'étroit sur nos vieux continents, est sans cesse en quête de nouveaux débouchés, que les questions de pathologie exotique si intimement liées aux problèmes de la colonisation, ont attiré l'attention de nombreux chercheurs. Les récents travaux qu'elles ont suscités montrent combien sont redoutables les parasites ailés. Le *paludisme*, la *filariose*, la *fièvre jaune* qui sévissent sur l'homme, et beaucoup d'*épizoolies* qui frappent si durement les animaux domestiques, ses précieux auxiliaires, sont transmis par les insectes. La connaissance de ces nouveaux adversaires est de première importance en pathologie exotique. Les mesures préventives qu'elle a inspirées viennent de recevoir la sanction de la pratique; les résultats remarquables obtenus permettent d'espérer, sinon la disparition, du moins une atténuation de ces affections.

Pour ce qui concerne ce sujet, voir le n° 10 de la Revue.

I. **Maladies transmises par les Moustiques.** — Les résultats des nombreuses expé-

riences entreprises et de l'enquête faite en France par M. Blanchard, l'éminent parasitologiste, ont été une confirmation éclatante de la théorie des Moustiques. Il n'y a pas de paludisme sans Anopheles. Mais, par contre, toutes les régions habitées par les Anopheles ne sont pas nécessairement palustres. Ainsi à Paris, par exemple, où les Anopheles sont abondants

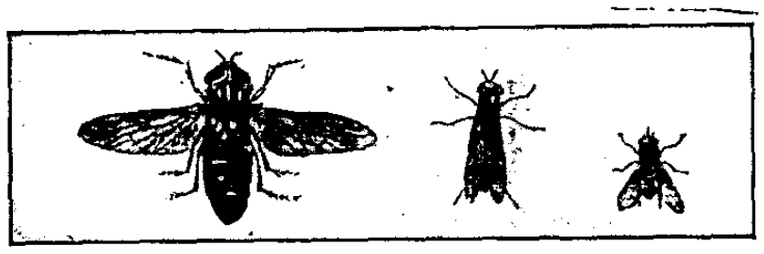


FIG. 1. — TAON DES BŒUFS; PETIT TAON FLUVIAL; MOUCHE PIQUANTE.

en septembre et malgré l'arrivée d'impaludés du dehors, la malaria n'est pas à l'état endémique. Il semble donc qu'il existe d'autres conditions encore indéterminées, se rattachant vraisemblablement à la biologie des Moustiques, qui président à l'éclosion de l'endémie palustre.

Filariose. — La Filariose s'attaque de préférence aux indigènes. Elle est provoquée par un ver parasite, ténu comme un fil (filaire), d'une longueur de dix à quinze centimètres environ. Cette filaire se loge dans les vaisseaux lymphatiques de l'homme. Elle donne naissance à un grand nombre d'embryons qui passent dans le sang. Ces embryons ont la singulière habitude de se tenir cachés pendant le jour dans les vaisseaux profonds.

Ils opposent un obstacle au cours de la circulation et déterminent une hypertrophie des tissus donnant aux régions qui en sont atteintes l'aspect d'un membre de pachyderme. D'où le nom d'*elephantiasis*, donné à cette hypertrophie.

Ce sont encore des Moustiques, les Culex, comme l'ont montré les travaux de divers savants, qui véhiculent cette affection.

Fièvre jaune. — La fièvre jaune, encore désignée sous les noms de *vomito negro* (vomissements noirs) et de *typhus amarill*, est l'une des plus redoutables affections qui sévissent sur la race blanche dans les pays chauds. Issue du golfe du Mexique, son berceau primitif, la fièvre jaune a depuis le XVIII^e^ siècle considérablement étendu son domaine. Aux Antilles, l'un de ses principaux foyers, les Espagnols lui ont pendant longtemps payé un lourd tribut; lors de l'insurrection cubaine, qui dura trois années, les pertes de l'armée espagnole s'élevèrent à une trentaine de mille hommes. Pendant la dernière guerre hispano-américaine, qui coûta les Antilles à l'Espagne, Espagnols et Américains furent également décimés par le typhus amarill sous les murs de Santiago. Dans nos possessions de la côte occidentale d'Afrique, à Grand-Bassam, l'un des points les plus commerçants de la côte d'Ivoire, la population blanche est presque entièrement détruite à chaque épidémie.

La découverte du germe ictérode, toute récente, est due à la mission américaine (MM. Reed, Carall et Agramonte), envoyée à Cuba pour y étudier cette affection. Les travaux de cette commission d'études sont particulièrement intéressants.

Grâce à leurs expériences, d'une hardiesse étonnante, les Américains n'ayant pas hésité, en effet, à expérimenter directement sur l'homme, ils ont absolument bouleversé toutes nos connaissances sur l'étiologie et la prophylaxie de cette affection.

L'agent spécifique de la fièvre jaune appartient à cette catégorie de microbes qui échappent aux plus forts grossissements, et dits *microbes invisibles*.

Ce microbe est inoculé à l'homme par un moustique particulier surtout abondant dans les villes, dans les endroits encombrés et peu ventilés, contrairement aux Anopheles, qui ont plutôt des goûts campagnards.

D'après la commission américaine, les moustiques seraient les agents de transport exclusifs de la fièvre jaune. Les vètements et les objets en contact avec les malades, contrairement à l'opinion courante, ne joueraient aucun rôle. C'est ainsi que dans trois expériences successives, neuf Européens purent impunément se mettre en contact intime avec des linges souillés par des déjections de malades. Ces faits ne doivent pas surprendre, si l'on songe que la fièvre jaune, comme le paludisme, est une affection sanguine fermée, dans laquelle les déjections des malades sont dépourvues des germes spécifiques. Ces résultats sont très importants au point de vue des mesures sanitaires concernant cette affection. Celles-ci, par suite de ces découvertes, sont complètement à refondre.

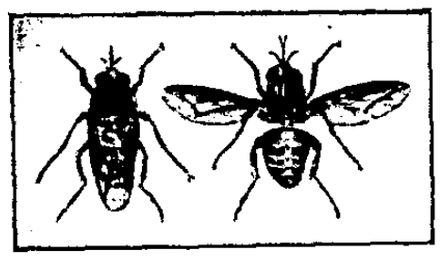


FIG. 2. — MOUCHE TSÉTSÉ

En appliquant à la fièvre jaune des mesures

prophylactiques calquées sur celles qui sont employées contre le paludisme, les Américains sont arrivés à éteindre presque complètement à Cuba cette terrible maladie.

II. **Maladies transmises par les Mouches.** — Les Mouches, qui se rapprochent beaucoup des Moustiques par leurs mœurs, véhiculent comme ceux-ci des germes infectieux de nature diverse. Mais elles s'attaquent de préférence aux animaux. Toutefois, l'homme n'est pas à l'abri de leurs atteintes.

Charbon. — On connaît depuis longtemps le rôle des mouches dans la propagation du charbon. On sait que les mouches piquantes peuvent se contaminer dans les établissements d'équarrissage ou au contact des matières animales en putréfaction et inoculer ensuite à l'homme la bactéridie charbonneuse.

Trypanosomoses. — Les maladies transmises aux animaux par les mouches sont des *Trypanosomoses*. On désigne ainsi des affections dues à la présence dans le sang de parasites de l'embranchement des protozoaires, les *Trypanosomes*. Ces êtres, de forme allongée comme de petits vers, se déplacent rapidement dans le plasma sanguin à l'aide d'un fouet terminal et d'une membrane ondulante. La plupart habitent le sang des animaux domestiques et provoquent de graves épizooties : le Surra (trypanosomose asiatique), le Nagana (trypanosomose africaine), le mal de Caderas ou maladie de la croupe (tripanosomose américaine),... etc. Mais quelques espèces s'attaquent à l'homme (maladie de Hutton et maladie du sommeil).

Quelques trypanosomoses seules sont transmises par les insectes : le Surra (par le taon des tropiques); le Nagana (par la mouche tsétsé); la maladie de la bile ou Galziekté du Transvaal (par les mouches plates du cheval ou hippobosques), la trypanosomose du rat (par les puces). Enfin, le mode de contagion de quelques trypanosomoses animales, comme le mal de Caderas, et des trypanosomoses humaines, est encore inconnu.

Surra. — Le rôle pathogène des Trypanosomes a été mis en lumière pour la première fois en 1880 par M. Evans, inspecteur vétérinaire de l'armée des Indes, qui les découvrit chez des chevaux atteints de Surra.

Le Trypanosome d'Evans est hébergé par une grosse mouche, le taon des tropiques, qui se comporte à son égard comme simple véhicule. Le taon des tropiques a les mêmes mœurs que le taon des pays tempérés qui, en été, tourmente avec acharnement, pendant la chaleur de la journée, nos bœufs et nos chevaux (fig. 1). Comme chez les moustiques, les femelles seules se repaissent de sang; les mâles se contentent d'un régime végétarien.

Il n'est pas toutefois prouvé que ces insectes soient les seuls agents de propagation du Surra. L'importation récente de cette épizootie, à Java, aux Philippines et à l'île Maurice montre, dans tous les cas, sa facilité d'extension.

Nagana. — Le Nagana, nom zoulou exprimant l'état d'abattement des animaux qui en sont affectés, ou encore maladie de la mouche tsétsé, est le fléau de l'Afrique centrale. Tous les voyageurs qui ont traversé le domaine de la mouche racontent l'effroi qu'elle cause aux bêtes de somme des convois.

« Quiconque voyage avec des animaux domestiques, écrit le célèbre explorateur Livingstone dans ses mémoires, n'oublie jamais le bourdonnement particulier de la mouche tsétsé, une fois qu'il lui est arrivé de l'entendre ». Et plus récemment M. Bruce, envoyé en mission dans ces régions par le gouvernement du Natal, rapporte que, « à l'entrée dans la contrée de la mouche, on n'est pas longtemps à ignorer la présence de la tsétsé; on voit les indigènes frapper leurs jambes nues, les chiens mordre en rond et les chevaux ruer ».

La tsétsé (fig. 2) (nom sous lequel la désignent les nègres) était connue des anciens peuples de la vallée du Nil (Zébud des Chaldéens, Zimb des Arabes, Cynomia des Grecs), elle est à peine plus grosse que la mouche ordinaire, son corps est brun comme celui de l'abeille et porte en outre sur l'abdomen des raies jaunes transversales. Sa piqûre ne détermine aucun accident chez l'homme; mais elle est mortelle pour le bœuf, le cheval et le chien. Les peuplades qui habitent son domaine ne peuvent élever que la chèvre, seule espèce domestique réfractaire dans les convois qui traversent ces pays, le transport des colis s'effectue à dos d'homme. Cet insecte minuscule est donc un gros obstacle à la pénétration de l'Afrique centrale.

Pendant longtemps on a cru que les accidents occasionnés par la piqûre de la tsétsé étaient dus au venin quelle inoculait dans la plaie. Mais M. Bruce montra en 1895 que cette mouche n'était dangereuse que par les germes qu'elle

véhiculait. Ces germes sont des Trypanosomes (Trypanosoma Brucei). Il semble toutefois que les anciens Égyptiens qui connaissaient le Nagana aient soupçonné le rôle des insectes dans sa propagation. M. Œfele prétend qu'il en serait fait mention dans le papyrus de Kahoum (1797 à 1773 av. J.-C.). Le hiéroglyphe de la dent dont on ne s'expliquait pas jusqu'ici le sens, ferait allusion à la morsure des insectes. Le Nagana correspondrait ainsi à la quatrième plaie d'Égypte sous le nom de Kinnûm dans le texte hébraïque.

Quant au mode d'infection de la tsétsé il s'effectuerait par l'intermédaire des bêtes sauvages (buffles, antilopes et gros ruminants) pour lesquelles elle a, comme l'ont remarqué les indigènes, une prédilection marquée. Ces animaux hébergent de nombreux trypanosomes, et s'ils n'en paraissent nullement incommodés c'est vraisemblablement par suite de l'accoutumance. D'ailleurs, partout où le gros gibier a été refoulé la maladie a disparu. C'est ainsi qu'il y a à peine une trentaine d'années la mouche existait encore au nord de Prétoria dans le Transwaal, de nos jours les convois peuvent traverser le pays jusqu'au Zambèze sans être inquiétés.

Les rapports étroits qui existent entre la maladie et la présence de la tsétsé semblent prouver que celle-ci en est le seul agent de dissémination.

Trypanosomoses humaines. — Le rôle des insectes dans la propagation des trypanosomoses humaines n'est pas encore élucidé. D'ailleurs les notions acquises sur ces affections sont de date très récente. La présence des Trypanosomes dans le sang humain a été signalée d'abord par le Dr Hutton, de Bathurst (dans la Gambie). Elle se manifeste par une fièvre rémittente, de la bouffissure de la face et des œdèmes.

Enfin, tout récemment (novembre 1902), des Trypanosomes ont été découverts par M. Castellani dans le liquide cérébro-spinal et le sang de nègres atteint de maladie du sommeil, affection très grave spéciale aux nègres de l'Afrique équatoriale. M. Bruce a confirmé ces recherches. Cette curieuse maladie débute par une grande fatigue musculaire et un besoin inpérieux de dormir qui surprend le sujet même au milieu de ses occupations. Ce dernier devient morose et taciturne. Après des troubles variés, la maladie se termine presque toujours par la mort au bout d'un temps plus ou moins long (de quelques mois à deux ans environ).

Les recherches effectuées par MM. Laveran et Mesnil laissent entrevoir ici la possibilité de guérir les trypanosomoses. Le sérum des animaux immunisés (c'est-à-dire guéris d'une première atteinte) est, en effet, susceptible à son tour de conférer l'immunité. D'autre part, M. Laveran a obtenu la disparition des trypanosomes et des troubles qu'ils occasionnent en traitant des animaux atteints de Surra, de Nagana.... etc., par le sérum humain, qui jouit de l'immunité naturelle. Peut-être sera-t-il possible de traiter de la même manière, c'est-à-dire par du sérum d'animaux réfractaires, les trypanosomoses humaines.

III. **Maladies transmises par d'autres insectes.** *Peste.* — D'autres insectes parasites se nourrissant également du sang de l'homme et des animaux peuvent aussi contribuer à la

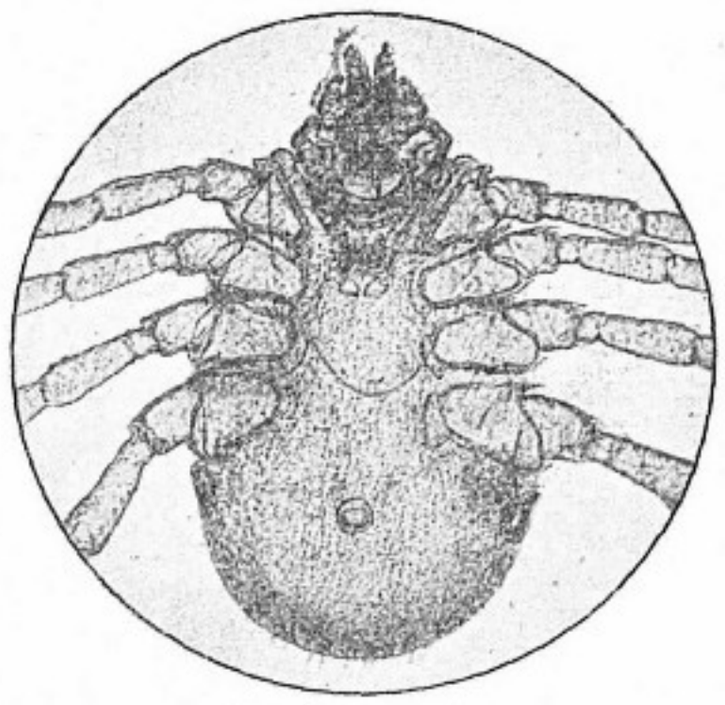


FIG. 3. — IXODE.

dissémination des germes infectieux. C'est ainsi que les puces des animaux pestiférés hébergeant le bacille de Yersin servent d'intermédiaire entre le rat et l'homme dans la transmission de la peste. Elles constituent l'un des modes de contagion de cette affection. D'après, en effet, les observations de M. Simond, envoyé en mission dans l'Inde en 1886, les puces quittent les cadavres des rats pestiférés pour se porter sur d'autres rats et sur l'homme qu'elles contaminent par leurs piqûres.

Enfin la punaise des lits, autre parasite vulgaire de l'homme, en se contaminant au contact des crachats et des linges souillés, participerait ainsi à la dissémination du Bacille de la tuberculose.

IV. **Maladies transmises par les Acariens** (*Tiques*). — Les insectes partagent le privilège du rôle de véhicules-germes avec des animaux très voisins, appartenant aussi à la faune des parasites des téguments, les *Acariens*. Ces animaux, contrairement aux insectes, ont un corps massif, non divisé en parties distinctes, ne portent pas d'antennes et sont munis de quatre paires de pattes (fig. 3). A cet ordre appartiennent notamment le Sarcopte de la gale, bien connu, et des parasites suceurs de sang, les Tiques (genre Ixode ou Rhipicephalus). Ces derniers seuls nous intéressent. Les Tiques vivent en parasites sur les animaux domestiques, le chien, le cheval, le bœuf et le mouton. Elles habitent la surface des téguments auxquels elles se cramponnent solidement à l'aide de leurs pattes et de leurs mâchoires. Les femelles fécondées, dont l'estomac a de terribles exigences, peuvent décupler leur volume et atteindre la grosseur d'un grain de ricin et même d'une olive. Une fois repues, elles abandonnent l'hôte, pondent leurs œufs et meurent.

Piroplasmose ou *malaria animale*. — Les parasites hébergés par les Tiques sont des Hémosporidies, comme les Hématozoaires de Laveran, vivant dans les globules rouges du sang. On les désigne sous le nom de Piroplasma. Ils déterminent une véritable malaria animale qui sévit sur les animaux domestiques, le chien, le cheval, le bœuf et le mouton.

La découverte des piroplasmoses et de leur mode de propagation par les Tiques est due à MM. Smith et Kilborne, dont les travaux sur la « fièvre du Texas », antérieurs aux recherches faites sur les moustiques, exercèrent sur celles-ci une grande influence. Tout récemment M. Motas a trouvé que les tiques femelles adultes seraient seules capables de transmettre la piroplasmose du mouton (Carceag de Roumanie). D'où l'hypothèse que les Piroplasmes subiraient une évolution dans le corps de la tique, analogue à celle de l'hématozoaire de Laveran chez le moustique. Il y aurait un parallélisme complet entre la malaria animale et la malaria humaine.

Les piroplasmoses sont peu répandues en France (mal de Brou), mais sévissent avec rigueur en Algérie et en Tunisie. Elles occasionnent des ravages considérables en Roumanie (hémoglobinurie du bœuf et Carceag du mouton). Au Transvaal, la fièvre bilieuse est une maladie de prairie qui s'attaque aux chevaux mal entretenus et aux chevaux importés. La cavalerie anglaise, lors de la dernière expédition, fut particulièrement frappée par la malaria. Dans la République argentine les épizooties de « Tristeza » ont été tellement meurtrières pour les bœufs dans ces dernières années que l'association des hacendados (éleveurs) chargea en 1897 M. Liquières, de l'Institut Pasteur, de

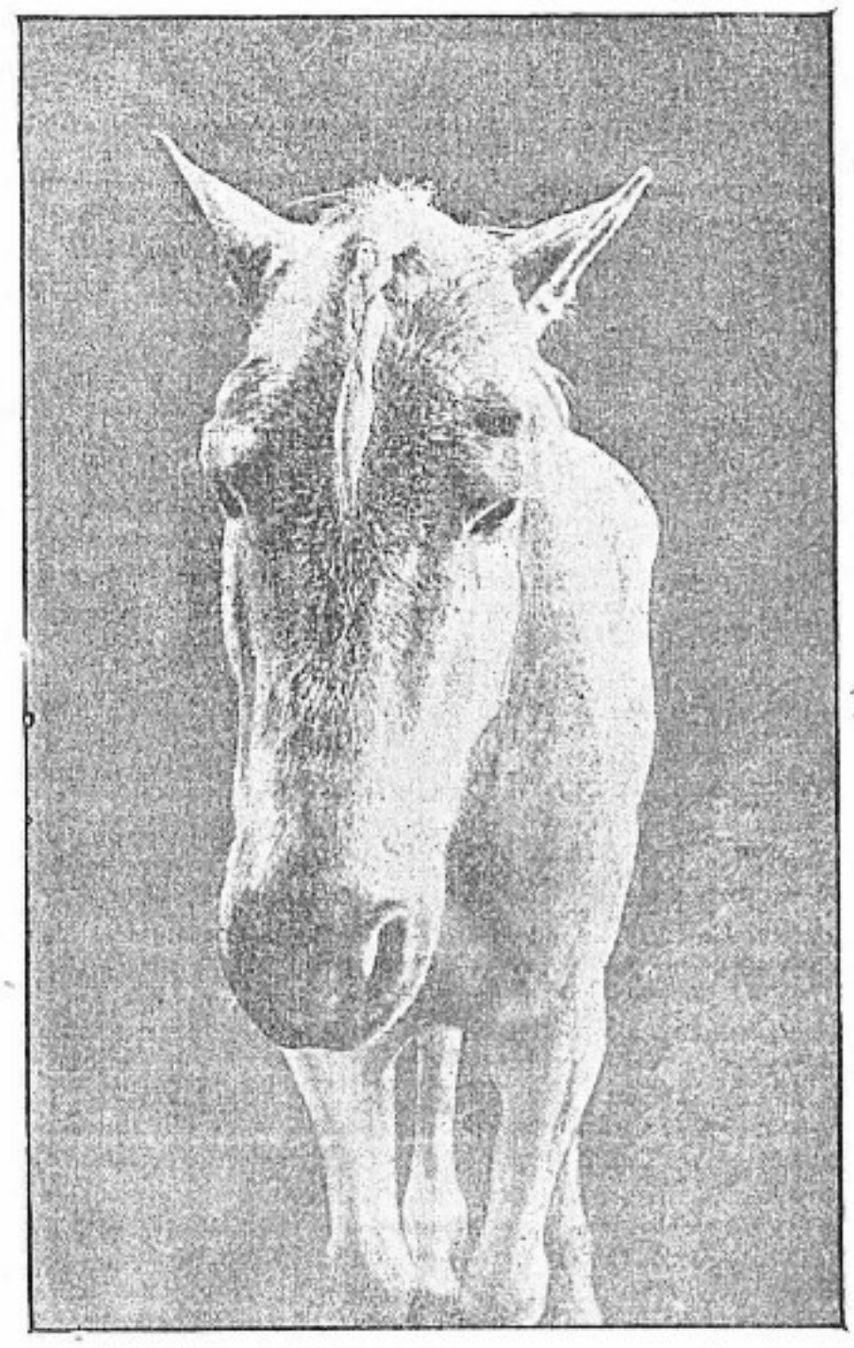


FIG. 4. — MALADIE DE LA GROSSE TÊTE.

faire une étude complète de la maladie. Les résultats de cette étude sont des plus intéressants.

M. Liquières a retracé un tableau saisissant de ces épizooties. Tantôt les animaux sont tristes, abattus ; tantôt au contraire ils s'élancent furieux en balançant la tête d'une manière caractéristique. Ils meuvent difficilement leurs membres et ne tardent pas à mourir. Quelquefois les animaux guérissent, quoique profondément anémiés, et deviennent réfractaires à la maladie. Enfin M. Liquières est arrivé à cultiver le parasite (*Piroplasma bigeminum* pour le bœuf) et à atténuer sa virulence. C'est là le premier exemple de culture et d'atténuation d'un hématozoaire.

V. **Maladies transmises par des parasites ailés inconnus.** *Horse sickness.* — Il est enfin des maladies, comme la « horse sickness », certainement transmissibles par quelque parasite ailé mais dont on n'a pu encore déterminer la nature. Les ravages faits par cette affection sur la cavalerie anglaise pendant l'expédition du Transvaal ont rappelé l'attention sur elle et lui ont valu le titre d'alliée des Boers. Elle sévit, en effet, avec rigueur, sur les chevaux importés, dont bien peu résistent. Ceux qui guérissent acquièrent l'immunité. Les animaux atteints présentent un aspect particulier dû à un œdème qui envahit la tête et l'encolure; ce qui a valu à cette affection le nom de *Dikkopziekte* ou *Maladie de la grosse tête* (fig. 4).

L'agent pathogène de la « horse sickness », d'après les travaux de M. Nocard, rentre dans la catégorie des « Microbes invisibles ». La contagion paraît s'effectuer par quelque insecte noctambule, car les Boers ont remarqué depuis longtemps que les chevaux enfermés après le coucher du soleil dans des écuries bien closes ne contractaient pas la maladie.

Les insectes et autres parasites externes jouent donc un rôle considérable dans la transmission des maladies contagieuses. De cette notion étiologique découlent des conséquences importantes pour la prophylaxie. Les mesures sanitaires ne doivent pas uniquement s'adresser (comme elles ont fait jusqu'ici) aux déjections des malades, objets en contact avec ces derniers, literies, marchandises, etc., mais aussi aux véhicules-germes animés. Il faut faire, en un mot, suivant l'expression de M. le Dantec, de la *prophylaxie spécifique.*

Grâce à ces mesures, peut-être sera-t-il possible d'enrayer un jour toutes les affections redoutables qui déciment la race blanche dans les pays chauds. Alors la distinction qui sépare les colonies de peuplement des colonies d'exploitation s'atténuera de plus en plus, et les riches domaines fermés à l'activité humaine s'ouvriront à la civilisation. Ce sera là une nouvelle étape féconde dans la conquête du globe par l'homme civilisé.

Dr HENRI MANDOUL,
Médecin sanitaire maritime,
Préparateur de zoologie.

TÉLÉGRAPHIE

LA CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. (BERLIN, AOUT 1903.)

L'extension que prend chaque jour l'usage de la télégraphie sans fil, pour les besoins maritimes en particulier, rend de plus en plus nécessaire une réglementation sévère des conditions de son emploi. Les difficultés et les complications que l'on rencontre dans la pratique réelle exigent en effet de grandes précautions pour qu'il soit possible de tirer un parti efficace du nouveau moyen de communication.

Déjà chaque pays a étendu à la télégraphie sans fil la législation en vigueur pour la télégraphie ordinaire. En France notamment on lui a appliqué le monopole de l'État, et divers règlements intérieurs pour son emploi par les différents services publics (Télégraphes, Marine, Guerre, Travaux publics).

Il reste encore à établir une convention internationale pour les échanges de télégrammes hertziens entre les stations côtières et les navires de diverses nationalités. C'est dans ce but que l'Allemagne a pris l'initiative de la réunion d'une conférence internationale préliminaire, à Berlin en août 1903.

Avant d'examiner les travaux et conclusions de cette conférence, il n'est pas sans intérêt de rappeler les principales difficultés que l'on rencontre dans l'emploi de la télégraphie sans fil, et de résumer l'état actuel de ses applications dans les différents pays.

On sait que la transmission et la réception des signaux hertziens ne peuvent être opérées que par l'intermédiaire d'un conducteur vertical, l'antenne, et qu'il n'a pas encore été possible de supprimer cette sujétion qui complique beaucoup les installations. Les hauteurs et formes d'antennes sont variables suivant les distances auxquelles on veut communiquer et l'énergie dont on dispose pour la production des ondes hertziennes. Mais comme il est pratiquement difficile de dépasser des hauteurs de 50 mètres et d'employer, avec bobines d'induction, une énergie moyenne supérieure à 500 watts, il en résulte que les portées pratiques sont également limitées. Suivant les dispositifs et les récepteurs employés, cette portée-limite varie de 100 à 400 kilomètres.

Si l'on veut augmenter cette distance, il devient nécessaire de compliquer considérablement les installations dont le prix de revient est alors très élevé : les stations transatlantiques Marconi de Poldhu et du cap Cod, qui comportent l'emploi de machines de 100 chevaux, d'alternateurs, de transformateurs, d'antennes à très grande surface, etc., ont coûté environ un million chacune [1].

1. Le prix d'une installation ordinaire en France (mât, appareils et machines) varie de 6 000 à 25 000 fr., suivant que l'on veut avoir une portée de 50 à 400 kilomètres. Dans les colonies

Les difficultés qui résultent de cette limitation pratique de la portée sont cependant moins sérieuses que celles que l'on rencontre dans l'exécution du service télégraphique proprement dit : ainsi que nous l'avons déjà exposé ici, un récepteur quelconque est en effet influencé par une transmission quelconque, et enregistre les signaux qui ne lui sont pas destinés. La distance à laquelle il faut placer ce récepteur pour le soustraire à cette action varie avec sa sensibilité, son mode de montage, sa hauteur et sa forme d'antenne, etc. L'expérience montre que, malgré les essais de syntonisation et les affirmations intéressées des inventeurs et des industriels, il n'est pas possible d'obtenir l'indépendance réelle de deux postes, disposant d'antennes à peu près semblables, si la distance qui les sépare est à peu près égale à la moitié de leur portée normale.

Toutefois si les antennes des deux postes ont des dimensions très différentes, l'indépendance peut être obtenue à une distance moins considérable. C'est ainsi que les ondes de la station transatlantique de Poldhu n'influencent que très peu les postes de Brest, situés à 250 kilomètres environ, dont les antennes ont une longueur d'onde inférieure à 300 mètres, tandis qu'elles ont été reçues sans difficulté à Paris et à Belfort (950 kilom.), au moyen d'antennes dont la longueur d'onde était de 2000 mètres environ.

Enfin, à ces perturbations causées par le voisinage d'autres stations, viennent s'ajouter les influences des phénomènes électriques naturels.

Malgré toutes ces difficultés, on conçoit néanmoins que la télégraphie sans fil puisse être, dans certains cas, d'une grande utilité aux services maritimes, et que l'on n'hésite pas à consacrer des sommes importantes pour en réaliser des applications, si imparfaites qu'elles soient.

La plupart des États se sont simplement adressés dans ce but à des compagnies privées auxquelles ils ont accordé soit des subventions, soit des prix d'installation très rémunérateurs, et qui poursuivent la recherche des perfectionnements nécessaires.

L'Angleterre, l'Italie et quelques puissances secondaires ont passé des traités avec la « Wireless Telegraph C° », fondée avec des capitaux anglais pour l'exploitation des brevets Marconi, et qui a créé des filiales dans la plupart des pays. Cette compagnie a fait des dépenses considérables pour la mise en valeur des procédés Marconi et pour l'exécution d'expériences sensationnelles. Il est juste de reconnaître qu'elle a obtenu des résultats remarquables et que seule elle est parvenue à recevoir des signaux hertziens à plus de 3 000 kilomètres. Mais cet envoi de quelques mots entre l'ancien et le nouveau monde, n'est encore qu'une expérience scientifique réalisée au moyen d'une énergie de 100 chevaux, et la compagnie n'a installé aucune station, faisant un service réel, d'une portée supérieure à 300 kilomètres.

Des appareils Marconi sont installés, non seulement en très grand nombre sur les côtes et les navires anglais et italiens, mais aussi, en plus petit nombre, sur les côtes belges, allemandes, américaines, etc. La puissante organisation de cette compagnie laisse deviner l'intention de créer un monopole dans tous les pays.

L'Allemagne, après une courte période de tâtonnements, s'est lancée résolument dans les applications de la télégraphie sans fil. Deux puissantes compagnies : « Allgemeine Electricitäts Gesellschaft » et la société Siemens et Halske ont consacré des capitaux importants à l'étude des procédés Slaby et Braun. Elles ont fusionné depuis peu et font une sérieuse concurrence à la compagnie Marconi, bien qu'elles n'aient jamais obtenu des portées supérieures à 200 kilomètres. Elles ont fait dernièrement une tentative infructueuse pour établir, au moyen d'un montage analogue à celui de la station de Poldhu, des communications à 400 kilomètres. Néanmoins un grand nombre de stations Slaby-Braun ont déjà été installées sur les côtes et les navires allemands, autrichiens, américains, grecs, etc.

La Russie ne possède encore qu'un petit nombre de stations de télégraphie sans fil. Toutes ont été montées d'après les indications du professeur Popoff.

Les États-Unis, au contraire, ont autorisé sur leur territoire l'emploi de tous les systèmes : Marconi, Slaby, Fessenden, de Forest, etc., et de nombreuses compagnies ont été créées pour l'exploitation de ces divers dispositifs.

Enfin, la France s'est montrée jusqu'à maintenant très prudente en ce qui concerne les applications pratiques de la télégraphie sans fil. Cette prudence a été suggérée par les études approfondies de la question, qui ont été faites, dès la première heure, par les divers services de l'État, et en particulier par celui de la télégraphie militaire. Bien que les sommes dépensées pour ces études soient beaucoup moins élevées que celles qui ont été employées dans le même but à l'étranger, les résultats obtenus sont au moins équivalents, et l'État dispose d'appareils permettant d'établir des communications dans toutes les conditions de la pratique courante. Déjà un service public est assuré entre la Martinique et la Guadeloupe (180 kilom.) avec une énergie inférieure à un quart de cheval, et des essais concluants ont été faits à 400 kilomètres sur mer et sur terre, avec une énergie d'un demi-cheval environ. De plus un certain nombre de stations sont déjà installées sur les côtes pour les besoins de la défense. Enfin, grâce aux nombreuses études et expériences faites en France, on sait exactement ce que l'on peut attendre de la télégraphie sans fil, en l'état actuel de la science.

Toutes les nations s'occupent donc avec intérêt des applications de la télégraphie hertzienne à l'amélioration des conditions de la navigation, et l'invitation de l'Allemagne est venue à son heure pour coordonner les efforts communs et établir une règlementation pratique.

Les puissances représentées à la conférence préliminaire, réunie à Berlin en août 1903, étaient : l'Allemagne, l'Autriche, l'Espagne, les États Unis, la France, la Grande-Bretagne, la Hongrie, l'Italie

où tous les appareils et machines doivent être au moins en double exemplaire, le prix de revient est deux fois plus élevé. Sur les navires, au contraire, ce prix est notablement diminué, car on peut utiliser les mâts comme supports d'antennes et l'énergie électrique du bord pour la transmission; il faut néanmoins compter sur une dépense moyenne de 5 000 fr.

et la Russie. De plus il a été décidé que toutes les autres nations pourraient adhérer au protocole préliminaire, et être représentées dans les conférences ultérieures.

Un avant-projet de protocole, établi par l'Allemagne, servit de base à la discussion. Dès la première séance, les tendances des diverses puissances représentées se sont accusées nettement : d'une part, l'Angleterre et l'Italie se sont montrées, plus ou moins ouvertement, partisans de l'établissement d'un monopole de la compagnie Marconi, d'autre part toutes les autres puissances ont affirmé leur intention de laisser s'établir une libre concurrence entre les divers systèmes proposés, et éviter ainsi la création d'un monopole analogue à celui des câbles sous-marins. Cette division s'est maintenue pendant toute la durée de la conférence et le protocole final n'a été signé que sous réserves par les délégations anglaise et italienne.

Sans entrer dans les détails de la discussion, il convient de signaler la part prépondérante qui y a été prise par la délégation française dont le chef, M. Bordelongue, a su, avec beaucoup de tact et d'habileté, donner à la discussion et à la rédaction de certains articles, une signification claire et précise.

Le protocole adopté peut être résumé ainsi qu'il suit :

— Toutes les stations côtières, ouvertes à la correspondance privée, seront tenues de recevoir et de transmettre les télégrammes originaires ou à destination de navires en mer, sans distinction de systèmes de télégraphie sans fil employés par ces derniers. Pour faciliter ces communications, tous les renseignements techniques relatifs aux diverses stations devront être publiés.

— Les taxes perçues seront partagées suivant certaines règles définies.

— Une convention ultérieure fixera le règlement de détail applicable à ces communications, et en particulier à l'exécution du service télégraphique proprement dit.

— Les dispositions de la Convention télégraphique de Saint-Pétersbourg seront applicables à la télégraphie sans fil, en tant qu'elles ne seront pas contraires à la convention spéciale dont il est question ci-dessus.

— Toutes les stations de télégraphie sans fil, y compris celles qui ne sont pas ouvertes à la correspondance privée, devront toujours donner la priorité à des demandes de secours, à moins d'impossibilité matérielle.

— Le service de chaque station devra être organisé de manière à ne pas troubler celui des stations voisines.

Ce protocole ne sera applicable qu'après son approbation par les gouvernements intéressés. Quant à la convention de détail, elle sera établie par une nouvelle conférence qui se réunira à Berlin en 1904.

Il y a tout lieu de croire que toutes les puissances maritimes adhéreront à cet accord, qui donnera une impulsion nouvelle aux applications de la télégraphie sans fil. La recherche des perfectionnements nécessaires se trouvera grandement facilitée et l'on peut espérer que le nouveau moyen de communication finira par rendre des services comparables à ceux de ses devanciers.

G. FERRIÉ.

PÉDAGOGIE

L'ENSEIGNEMENT DE LA GÉOLOGIE AU LYCÉE.

L'année dernière un décret introduisait à titre obligatoire l'enseignement de la géologie dans plusieurs classes de nos lycées. Cette innovation heureuse était due aux persistants efforts de M. Albert Gaudry et de M. Mangin devant le Conseil supérieur de l'Instruction publique, saisi du projet. Elle réussit à s'imposer, malgré les véhémentes protestations de plusieurs personnalités occupant de hautes situations scientifiques. L'ostracisme dont on voulait frapper les sciences naturelles en général et la géologie en particulier était-il justifié? quels étaient les mobiles auxquels obéissaient les opposants?

Assurément nos contemporains, élevés dans le culte des abstractions, habitués à raisonner bien plus qu'à observer, sont encore trop peu pénétrés de cette vérité pédagogique que l'enfant doit apprendre à regarder tout comme il apprend à calculer. Je doute fort qu'il existe une meilleure éducation de l'œil que l'étude de l'histoire naturelle, rationnellement enseignée.

« Passe encore pour la zoologie et la botanique, disent nos détracteurs, mais est-il science plus aride que la géologie? en est-il une qui fasse davantage appel à la mémoire et à la mémoire seule? »

La prétendue aridité de la géologie tient à une trop fréquente confusion avec la minéralogie, qui, lorsqu'elle n'est pas vivifiée par les doctrines cristallographiques modernes, n'est qu'un répertoire des caractères spécifiques des minéraux. Le reproche d'un appel trop exclusif à la mémoire tient à un enseignement trop peu philosophique, trop analytique, basé trop souvent sur une sèche énumération des couches successives et des fossiles qu'elles renferment. Plusieurs générations furent ainsi détournées de l'étude de la géologie et il est fort heureux

que l'école française soit désormais engagée dans des voies nouvelles.

La géologie est avant tout une science historique. Son but le plus élevé est la reconstitution de l'état physique du Globe à chacune des périodes de son histoire. En même temps elle assume la tâche de retracer l'évolution des êtres vivants et leurs conditions d'existence pendant ces périodes successives. Mais cette reconstitution n'est possible que si l'on connaît les lois qui régissent les modifications incessantes de la surface terrestre. La *géologie dynamique* est, par conséquent, l'introduction nécessaire de la géologie historique. Elle est à cette dernière ce que la physiologie est à la zoologie. De même que la physiologie étudie les phénomènes vitaux, la géologie dynamique ou géodynamique a pour objet l'étude des *phénomènes géologiques*, c'est-à-dire l'étude des phénomènes qui modifient d'une manière quelconque la structure interne de l'écorce terrestre ou son aspect extérieur.

Tout comme l'histoire de l'humanité se subdivise naturellement en un certain nombre de périodes successives, l'histoire de notre planète comprend également un certain nombre de périodes, auxquelles les géologues ont donné des noms et qui sont caractérisées chacune par une succession déterminée de phénomènes se reproduisant généralement dans un même ordre, de manière à constituer un *cycle*. C'est ce cycle des phénomènes géologiques que, dans un récent article, publié ici même [1], j'ai cherché à retracer dans ses grandes lignes, en me basant sur une série d'observations facilement vérifiables [2].

Son étude constitue l'introduction naturelle à l'histoire des périodes géologiques.

E. HAUG.

1. Voir le n° 11 de la Revue.

2. Dans l'enseignement on suppléera par des photographies convenablement choisies à la difficulté pratique d'organiser des excursions géologiques lointaines.

Tribune libre d'Enseignement expérimental.

Lois de la réflexion de la lumière, établies sans aucune mesure d'angles.

1° Prenons une glace sans tain, à faces bien planes et bien parallèles, et plaçons-la verticalement, à quelques centimètres au-dessus d'une table horizontale, en l'immobilisant au moyen d'un support à pince et à vis.

Prenons, d'autre part, une épingle à tige assez longue et à tête petite et brillante, implantons-la verticalement

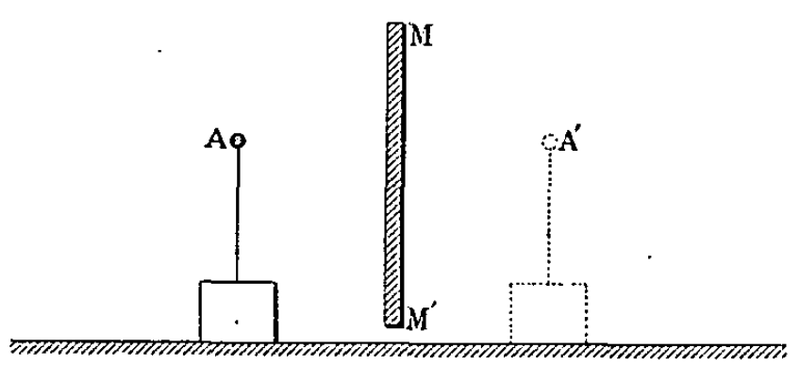


FIG. 1. — IMAGE D'UNE TÊTE D'ÉPINGLE A.

dans un large bouchon de liège servant de socle, et disposons-la à un ou deux centimètres en avant de la glace.

En nous plaçant du côté de l'épingle, nous apercevrons derrière la glace une autre épingle à tête brillante; celle-ci n'existe pas, mais notre œil ne fait pas de différence entre ce qu'il voit derrière la glace et un objet réel. Si, faisant abstraction de la tige, nous portons exclusivement notre attention sur la tête de l'épingle, que nous assimilerons à un *point lumineux*, nous pouvons énoncer ce fait expérimental en disant que la lumière émise par un point A (fig. 1) semble, après réflexion sur la face antérieure de le glace MM′, provenir d'un point A′ situé derrière la glace. Quelle est la position exacte de ce point A′? L'expérience suivante va nous la donner.

2° Prenons une seconde épingle identique à la première et supportée de la même manière, et, l'œil étant toujours placé du côté de la première A, promenons la seconde derrière la glace.

Comme on la voit par transparence, il est toujours possible de la placer dans une position telle que sa tête soit en coïncidence parfaite avec la tête de l'épingle fictive dont il est question ci-dessus.

Quand cette condition est réalisée, plaçons l'œil de façon que la tête A de la première épingle cache la tête A′ de la seconde (fig. 2), et marquons à la plume les deux points O et O′ où le rayon visuel AA′ coupe les deux faces de la glace. Mesurons ensuite, avec un double décimètre divisé en millimètres, les distances AO, A′O′ : nous trouverons que AO est égal à A′O′, augmenté de l'épaisseur de la glace. En d'autres termes, AO = OA′.

De plus, au moyen d'une équerre de dessinateur, nous pourrons nous assurer que chacune des droites AO, A′O′, est perpendiculaire à la glace. Les deux points A, A′, sont donc symétriques l'un de l'autre par rapport à la face antérieure de la glace.

On peut, par suite, énoncer la proposition suivante qui est la *loi physique* de la réflexion :

« La lumière issue d'un point lumineux semble, après réflexion sur une surface plane polie, provenir du point symétrique du point lumineux par rapport à cette surface. »

Ce point fictif, d'où semble émaner la lumière réfléchie, se nomme le *foyer virtuel* du point lumineux considéré.

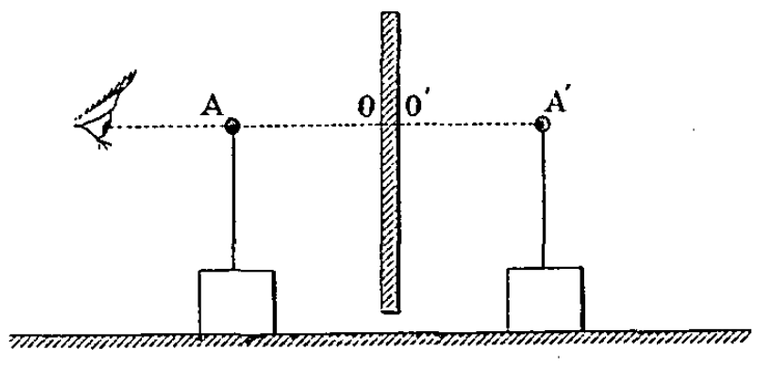


FIG. 2. — SYMÉTRIE DE POSITION DES POINTS IMAGE ET OBJET.

L'énoncé précédent traduit directement le résultat expérimental sans aucune hypothèse. Si on veut le traduire dans l'hypothèse des ondulations, on l'exprime ainsi :

« Les ondes sphériques divergentes issues de A sont transformées, par la réflexion sur une surface plane, en

d'autres ondes sphériques divergentes ayant pour centre le point A′, symétrique du point A par rapport à la surface réfléchissante. »

Si on veut le traduire dans l'hypothèse des rayons qui, on le sait pertinemment, n'existent pas, et sont simplement, dans le cas actuel, des normales aux surfaces d'onde successives, on l'exprimera comme suit :

« Les rayons incidents issus d'un point lumineux A sont transformés par la réflexion sur une surface plane en d'autres rayons semblant provenir du point A′ symétrique de A par rapport à la surface réfléchissante. »

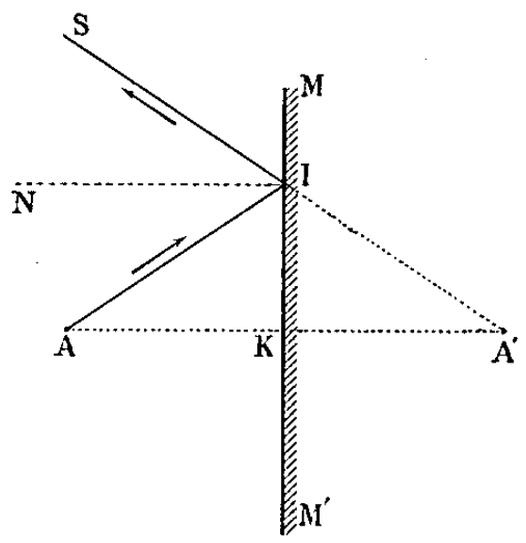


FIG. 3. — LOIS GÉOMÉTRIQUES DE LA RÉFLEXION DE LA LUMIÈRE.

Ce dernier énoncé peut être présenté sous une autre forme. Bien qu'il soit impossible d'isoler un rayon et par conséquent d'étudier comment il se réfléchit, on peut, en considérant un rayon incident particulier comme l'une des normales aux ondes incidentes, se proposer de trouver la direction dans l'espace du rayon réfléchi correspondant, considéré comme la normale correspondante aux ondes réfléchies.

Soit AI (fig. 3) un rayon incident quelconque, et A′IS le rayon réfléchi correspondant construit en joignant le symétrique A′ du point A au point d'incidence I et prolongeant. Si l'on trace la normale au point I à la surface réfléchissante, elle sera évidemment comprise dans le plan AIS, donc :

1° *Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale au point d'incidence sont contenus dans un même plan.* Remarquons maintenant que les deux triangles AIK, A′IK sont égaux comme ayant un angle égal compris entre deux côtés égaux chacun à chacun. Les angles A et A′ sont donc égaux. Or l'angle A est égal à l'angle $\widehat{AIN}$ (angle d'incidence) comme alternes-internes ; l'angle A′ est égal à l'angle $\widehat{SIN}$ (angle de réflexion) comme correspondant, donc :

2° *L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.* La géométrie détermine ainsi le rayon réfléchi par deux conditions dont chacune définit une surface sur laquelle il est situé : l'une de ces surfaces est le plan d'incidence AIN, l'autre un cône droit à base circulaire ayant pour sommet le point d'incidence I, pour axe la normale IN et pour angle générateur l'angle d'incidence AIN.

Communiqué par M. A. MULLON,
Professeur de Physique au Lycée de Chambéry.

❧

Décomposition et recomposition de la lumière.

L'image d'une fente verticale est projetée sur un écran au moyen d'une lentille convenable. Un prisme est interposé sur le faisceau de manière que son arête soit parallèle à la fente. On obtient ainsi un ensemble d'images colorées, plus ou moins distinctes, de la fente, rejetées du côté opposé à l'arête du prisme et qui constitue ce que l'on nomme le *spectre de la source* de lumière qui éclaire la fente. C'est là l'expérience classique de Newton.

Pour superposer partiellement ces images, il suffit de faire tourner la fente dans son propre plan de façon à la rendre perpendiculaire aux arêtes du prisme. Les lumières simples donnent encore chacune une image de la fente, mais celles-ci se forment sur une même bande horizontale de l'écran : la lumière rouge illumine seule l'une des extrémités de la bande et la lumière violette l'autre extrémité. Dans la partie commune on retrouve la lumière de la source. On opère ainsi du même coup l'*analyse* et la *synthèse* de la lumière primitive.

Comme exercice voir ce que l'on doit observer : 1° en promenant le long de la fente horizontale un petit volet qui ne laisse à découvert qu'un élément transversal de la fente ; 2° en faisant tourner la fente dans son propre plan.

Si on dispose de l'appareil à secteurs colorés de Newton, il suffira pour avoir un excellent appareil à rotation de monter le disque porte-fente à la place du disque coloré. Si on ne possède pas de prisme on en montera un en collant sur une plaque de paraffine par ex. (présenter alors simplement le bord de la lame de verre légèrement chauffé) trois lames de verre (lames rectangulaires utilisées comme support dans les préparations d'histoire naturelle) formant prismes et se touchant par leurs bords. Combler le petit intervalle formé par l'épaisseur des lames extérieurement à l'arête de contact à l'aide d'une mince baguette de cire ou de golaz. Pour fondre et appliquer la cire il est commode, si l'on dispose du gaz d'éclairage, de monter à l'extrémité du tube de caoutchouc d'alimentation un tube de verre suffisamment effilé pour que la flamme obtenue soit fine.

On localise ainsi à volonté l'action de la flamme. La boîte prismatique construite, on y versera un liquide : du sulfure de carbone ou même de l'eau.

Pour être démonstrative, une expérience n'a pas besoin d'être brillante, il suffit qu'elle soit nette.

Communiqué par A. JOLLY,
Professeur honoraire.

❧

Réaliser et expliquer le phénomène suivant.

Découper dans du bristol deux cercles de 35 cm. environ de rayon. Au centre de l'un d'eux pratiquer une ouverture circulaire et y fixer un tube de verre ou une plume d'oie avec de la cire à cacheter, de manière à faire exactement affleurer l'ouverture du tube avec la surface du carton. Fixer au centre de l'autre cercle une épingle et le placer contre le premier, l'épingle étant dans le tube pour servir de guide (fig. 4).

Si on souffle alors fortement par le tube, le carton

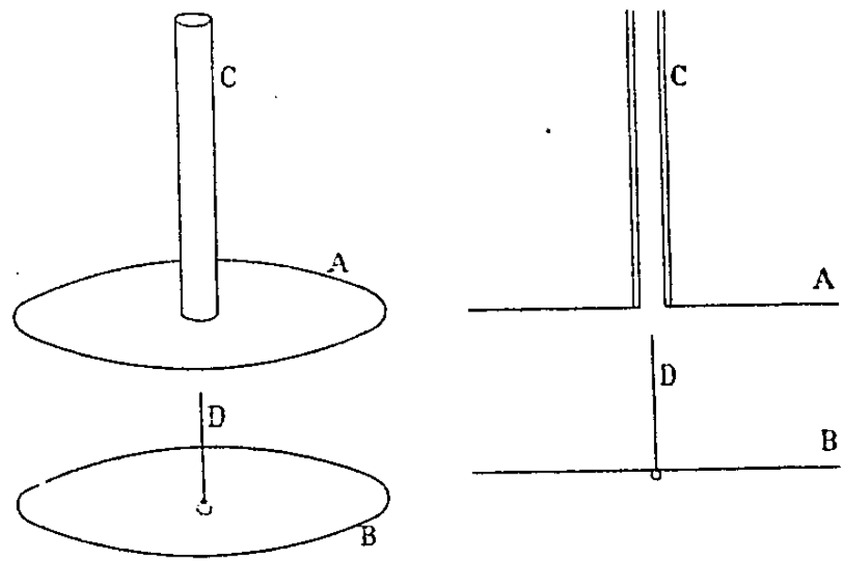


FIG. 4.

mobile se soulève bien un peu, mais n'est pas du tout projeté comme il le serait si on le plaçait simplement sur un tube non muni d'un autre disque de carton. On peut tenir d'abord à la main le carton mobile appliqué sur l'autre ; si l'on souffle dans le tube on peut lâcher le carton qui ne tombe que lorsqu'on cesse de souffler.

Communiqué par M. L. MUNIER,
conservateur du Musée de Montbéliard.

G. M.

VARIÉTÉ

LES POISSONS VÉNÉNEUX.

Il ne faut pas manger indifféremment n'importe quelles espèces de poissons, surtout dans les pays chauds, parce que certaines d'entre

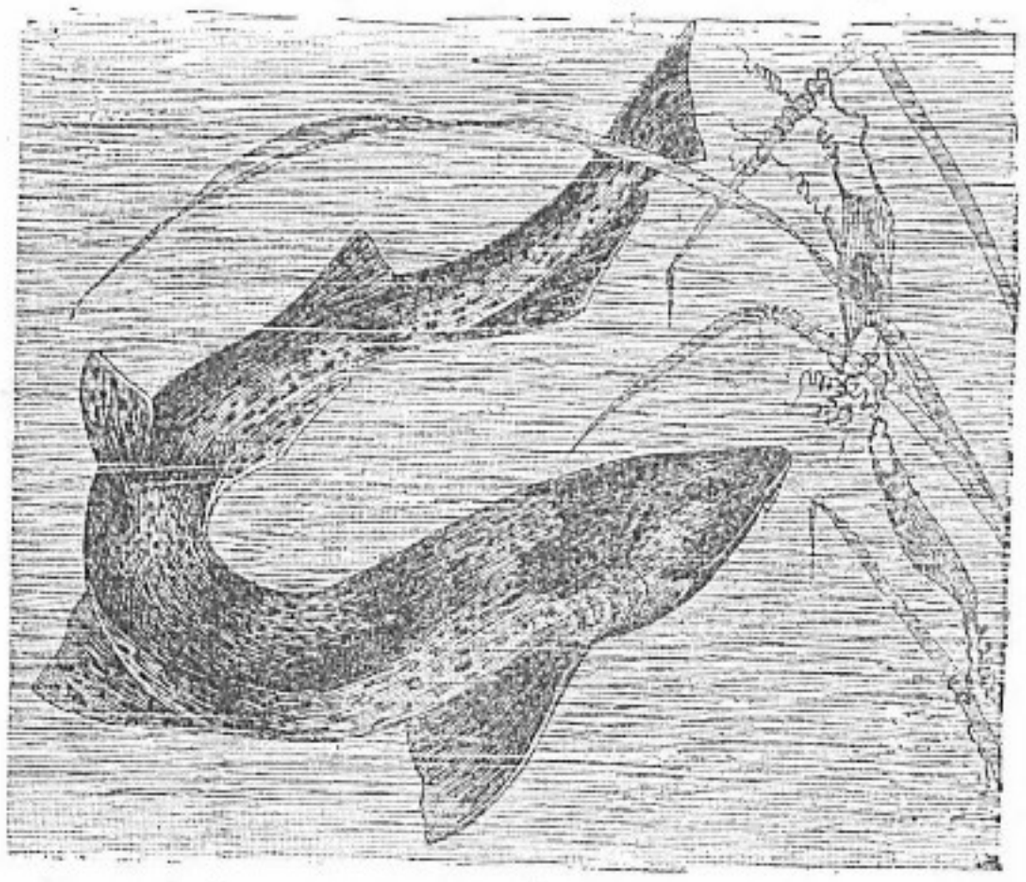


FIG. 1. — ROUSSETTE (*Scyllium canicula*).

elles sont vénéneuses. Les causes de leur toxicité sont multiples. Il en est dont la chair est simplement coriace et indigeste. D'autres deviennent nuisibles par les substances qu'elles ingèrent ou par les matières qui ont servi à les capturer. Certaines sont nocives par le milieu contaminé où elles vivent, ou les maladies qui les rongent. Mais les cas les plus fréquents sont ceux où le poisson n'est pas suffisamment frais et où, par suite, sa chair est imprégnée de toxines microbiennes. Bien souvent enfin le corps est véritablement toxique par lui-même par suite de la présence dans ses tissus de puissants alcaloïdes, lesquels d'ailleurs peuvent ne s'y développer qu'à certains moments, par exemple à l'époque de la reproduction.

Étant donné cette multiplicité des facteurs de la vénénosité, on comprend que les accidents produits par l'ingestion des poissons dangereux soient très variables dans leur forme et leur intensité. Tels poissons ne provoquent qu'une indigestion ou un commencement d'empoisonnement, tels autres rendent malades pendant plusieurs jours ou même amènent la mort à brève échéance.

Des poissons vénéneux peuvent se rencontrer dans tous les groupes de la classe des poissons, ainsi qu'on va le voir d'après les renseignements suivants recueillis par le Dr J. Pellegrin.

La chair des Squales, par exemple, est habituellement peu recherchée, sauf par les Chinois qui se montrent très friands de leurs nageoires ou ailerons. Elle est, en effet, dure, coriace, souvent musquée, parfois même légèrement purgative et prend assez rapidement en se décomposant une odeur ammoniacale prononcée que la cuisson n'arrive pas toujours à dissiper. Les auteurs ont, en outre, cité un grand nombre d'intoxications survenues à la suite de l'emploi alimentaire du foie de plusieurs animaux de ce groupe. Celles-ci n'ont pas, en général, été bien graves; cependant dans une des observations recueillies par Courtaud à l'île des Pins (Nouvelle-Calédonie) en 1873, l'ingestion du foie du Requin fut suivie de mort après huit jours de maladie. Sur nos côtes, on rencontre le Requin bleu qui atteint et peut dépasser 3 mètres de longueur. Son foie a causé parfois des accidents assez sérieux. Il en est de même du Milandre ou Chien de mer, de la grande et de la petite Roussette. On a coutume de rejeter le foie de ces animaux, car, outre son goût

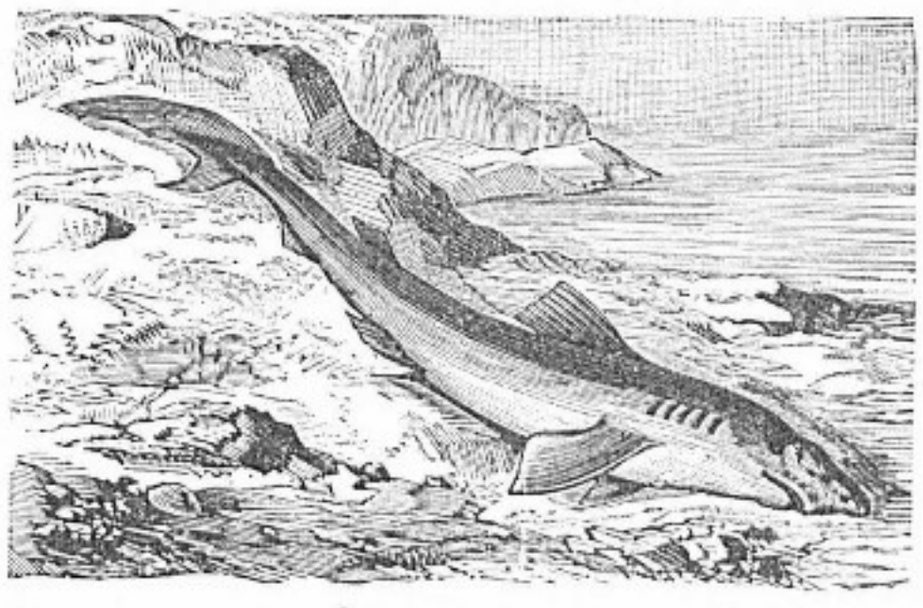


FIG. 2. — REQUIN BLEU.

détestable il a occasionné souvent des intoxications. Témoin le cas d'un savetier de Bias, près Agde, qui, pour avoir mangé une Roussette, tomba avec sa femme et ses deux enfants dans

un assoupissement de trois jours, avec érythème général puis démangeaisons et desquamation épidermique.

On connaît l'importance alimentaire des Esturgeons, dont les œufs servent à la fabrication du Caviar si apprécié en Russie. Ces poissons à l'état frais, non décomposés, ne sont jamais toxiques. Mais les défauts de préparation de conservation sont relativement fréquents, si bien qu'en une année, pour une ville comme Saint-Pétersbourg, on relève une centaine de cas d'empoisonnements, dont quelques-uns mortels.

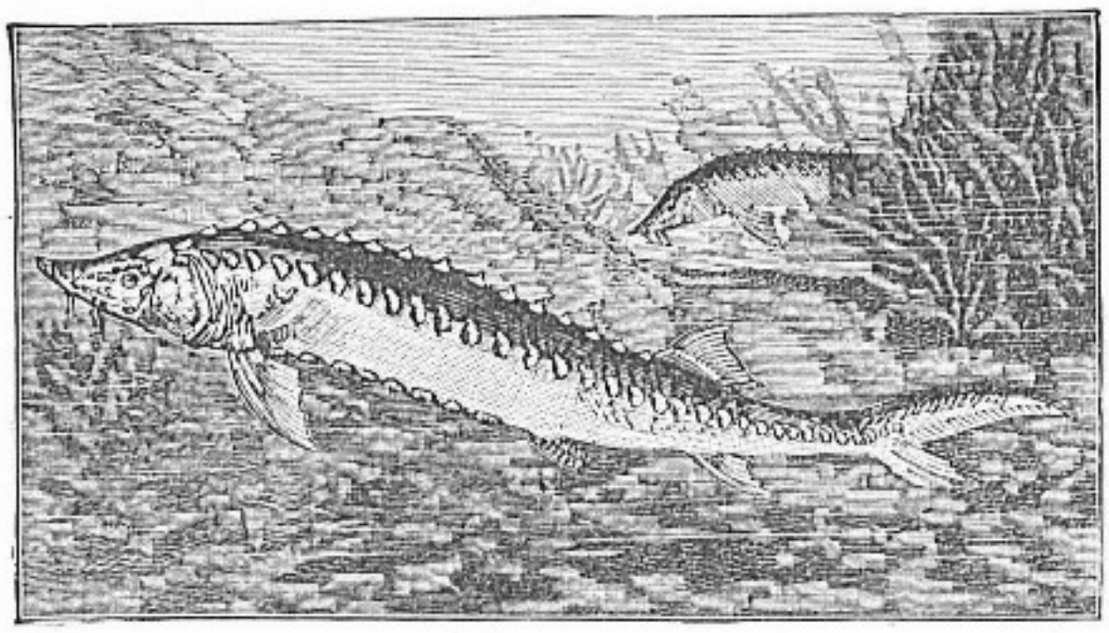


FIG. 3. — ESTURGEON.

Avec les Plectognathes, on a affaire, contrairement au groupe précédent, à des poissons réellement vénéneux, dont la toxicité est due à des leucomaïnes, à ces alcaloïdes normaux des glandes génitales et du foie. Une grande quantité d'espèces possèdent et avec raison la plus triste réputation. Elles appartiennent aux genres

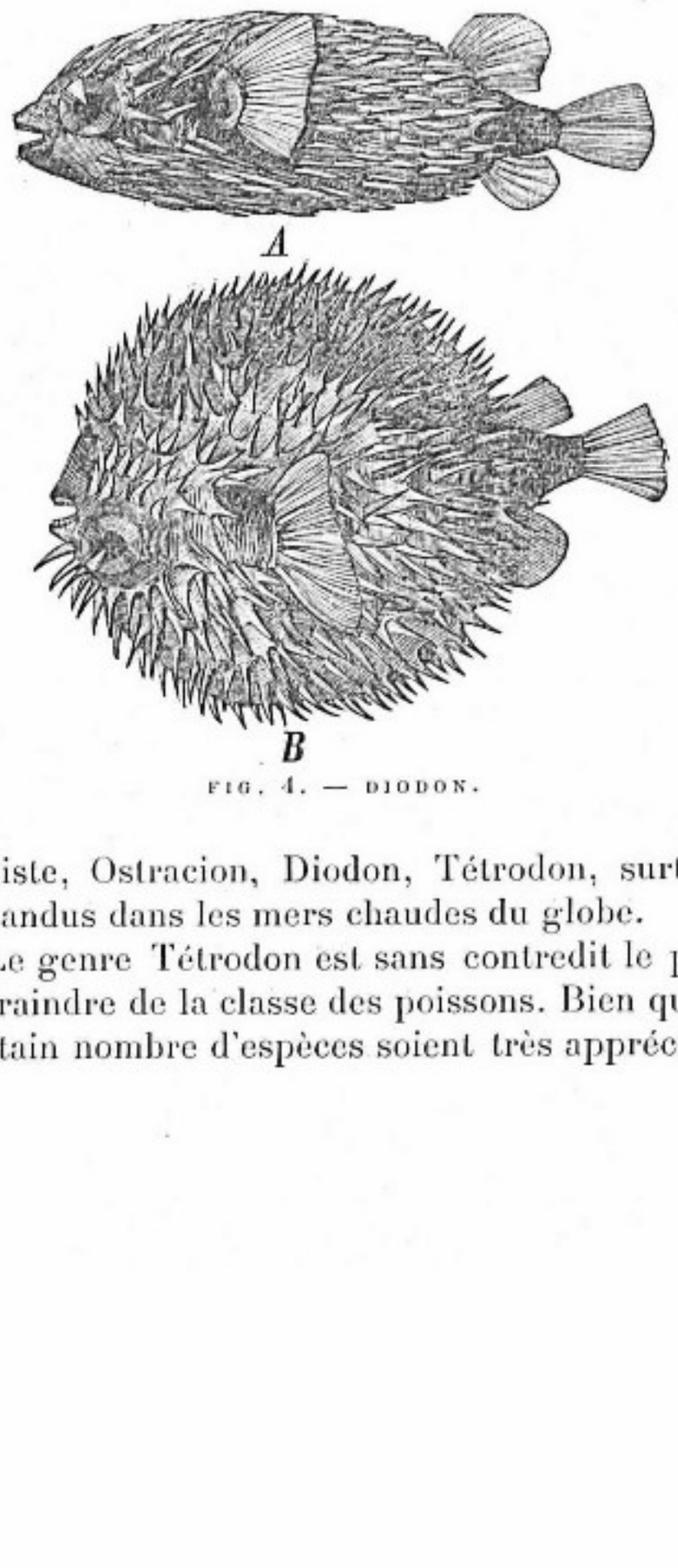


FIG. 4. — DIODON.

Baliste, Ostracion, Diodon, Tétrodon, surtout répandus dans les mers chaudes du globe.

Le genre Tétrodon est sans contredit le plus à craindre de la classe des poissons. Bien qu'un certain nombre d'espèces soient très appréciées des gourmets en Chine, au Japon et en Malaisie, ce n'est pas une raison suffisante pour ne pas les suspecter au premier chef. Il y a d'ailleurs une grande variabilité dans la toxicité des divers Tétrodons. Suivant la saison, la taille, l'ingestion d'animaux d'une même espèce est absolument inoffensive, dans d'autres cas, au contraire, elle est suivie d'accidents terribles. Ces résultats, en apparence si contradictoires, s'expliquent facilement maintenant que l'on sait que les substances nocives résident avant tout dans les organes reproducteurs et principalement dans les ovaires : la puissance toxique du poisson est proportionnelle au développement de ces organes. Les Tétrodons sont des poissons de forme globulaire, à mâchoire divisée ; ils se gonflent d'air et peuvent ainsi flotter à la surface des mers et parcourir des espaces considérables. On les rencontre principalement dans les mers tropicales ; quelques-uns habitent les fleuves. Parmi les espèces les plus dangereuses, il y a lieu de citer : le *Tetrodon inermis* du Japon. Savtschenko a observé en 1887, à Nagasaki, deux accidents mortels sur des matelots américains. La mort survint par paralysie du cœur, chez

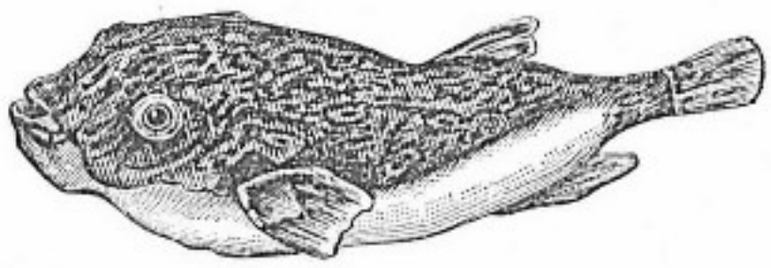


FIG. 5. — TÉTRODON.

l'un en 20, chez l'autre en 25 minutes. Le *Tétrodon honckengi* est encore plus redoutable. C'est lui qui détermine, au Cap, ces multiples empoisonnements dont les *Archives de médecine navale* sont remplies. En 1826, il causa la mort d'un matelot danois ; en 1845, deux marins d'un bateau hollandais et deux marins allemands du *Postillon* périrent, ces derniers en moins de vingt minutes. L'année suivante, un homme de la corvette française l'*Oise* a le même sort. Ce Tétrodon n'a pas

limité sa triste réputation au Cap. Il est répandu dans l'Océan Indien, en Malaisie, en Chine et même en Nouvelle-Calédonie. C'est à lui qu'il faut imputer les quatre cas d'empoisonnement survenus à bord du *Styx* et rapportés par de Rochas. Deux hommes moururent, l'un après trois heures, l'autre après onze heures, deux autres se rétablirent au bout de neuf jours. Des expériences sur des chats prouvèrent que c'était le frai qui était doué de propriétés toxiques. Celles-ci sont telles que, d'après une observation de Heckel, le simple contact des mains et de la face durant une dissection minutieuse d'un de ces Tétrodons, suffit pour produire divers troubles nerveux et gastriques, des démangeaisons et même une légère éruption. Geerts a signalé au Japon un certain nombre d'espèces particulièrement vénéneuses, d'autres simplement suspectes. Parmi les premières, il cite les *Tetrodon pardalis*, *revulatus* et *rubripes*. Dans un cas rapporté par *Takahashi* et *Inoko*, la chair de ce dernier animal provoque chez un homme, au bout de trois heures, divers troubles de la sensibilité; les mouvements deviennent difficiles, la respiration se ralentit. Le jour suivant, l'anesthésie et la paralysie motrice se déclarent et le malade meurt, mais sans perte de connaissance.

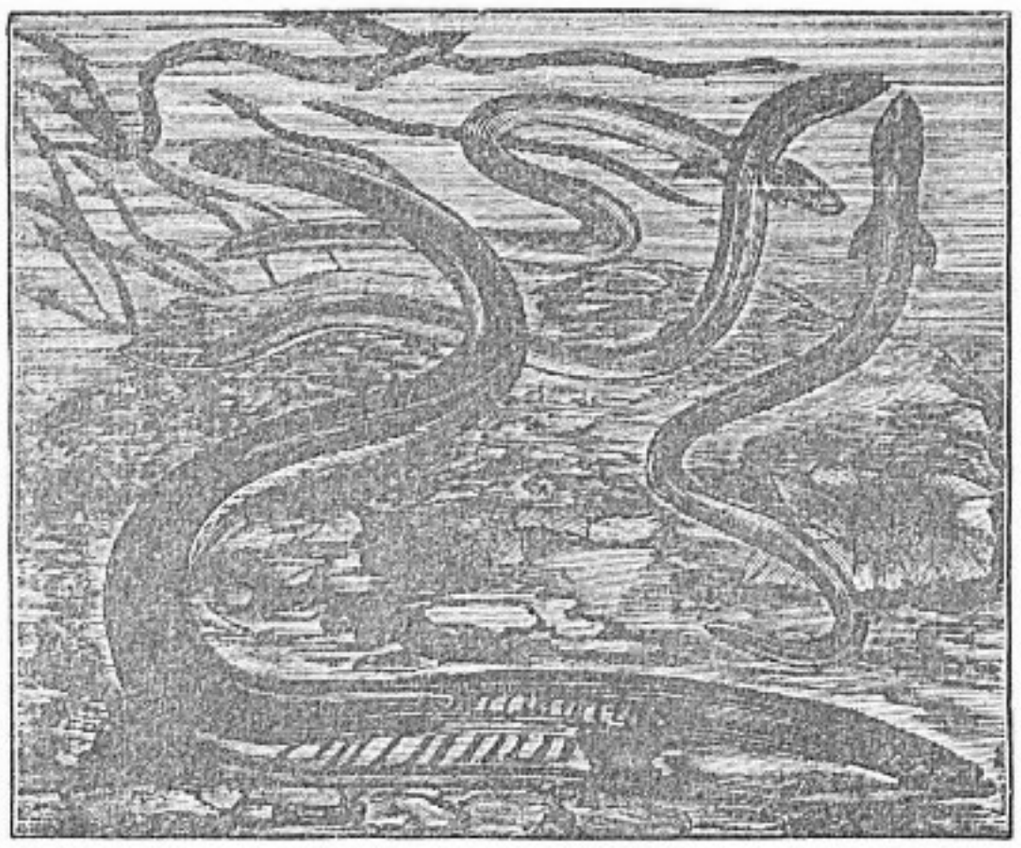


FIG. 6. — ANGUILLES.

Les Apodes ont causé en général peu de cas d'empoisonnements. Il y a lieu, toutefois, de rappeler que le sérum de ces poissons, notamment celui de l'anguille, est extrêmement toxique. Mais cette ichtyotoxine se comporte comme un venin; terrible en injection sous-cutanée, elle est inoffensive par ingestion stomacale; la putréfaction, la chaleur, lui font perdre ses redoutables propriétés.

Parmi les Malacoptérygiens abdominaux, la famille des Clupéodés mérite une mention particulière. En effet, à côté d'un grand nombre d'espèces de la plus incontestable utilité, comme le Hareng, la Sardine, l'Anchois, il en est quelques-unes qui se sont montrées parfois dangereuses. L'*Engraulis japonicus*, l'Anchois japonais, est de ces dernières. On le prend en grande quantité au printemps et en automne et on le mange séché ou salé. Il provoque souvent des accidents cholériformes, surtout de juillet à septembre. L'*Engraulis bœlana* de la mer Rouge est aussi suspect. Au dire de Dusournier, sa chair est très vénéneuse. Un seul de ces poissons est suffisant pour tuer un homme. Les chiens et la volaille périssent s'ils en mangent. Aux Antilles, on doit parfois se défier de la Harengule à épaulettes (*Harengula humeralis*) et surtout du Cailleu-tassart (*Melella thrissa*). D'après Thomas (de Salisbury), dans plusieurs cas ce dernier animal a fait périr ceux qui en avaient mangé en une demi-heure, au milieu de convulsions épouvantables. La toxicité varierait beaucoup suivant la nature des fonds qu'il fréquente. Cantor a incriminé la sardine malaise qu'il a décrite sous le nom de *Clapeonia perforata*. Elle détermina à plusieurs reprises des indigestions graves, quelquefois même mortelles. D'après lui, ces poissons s'étaient envenimés en se nourrissant d'une substance gélatineuse

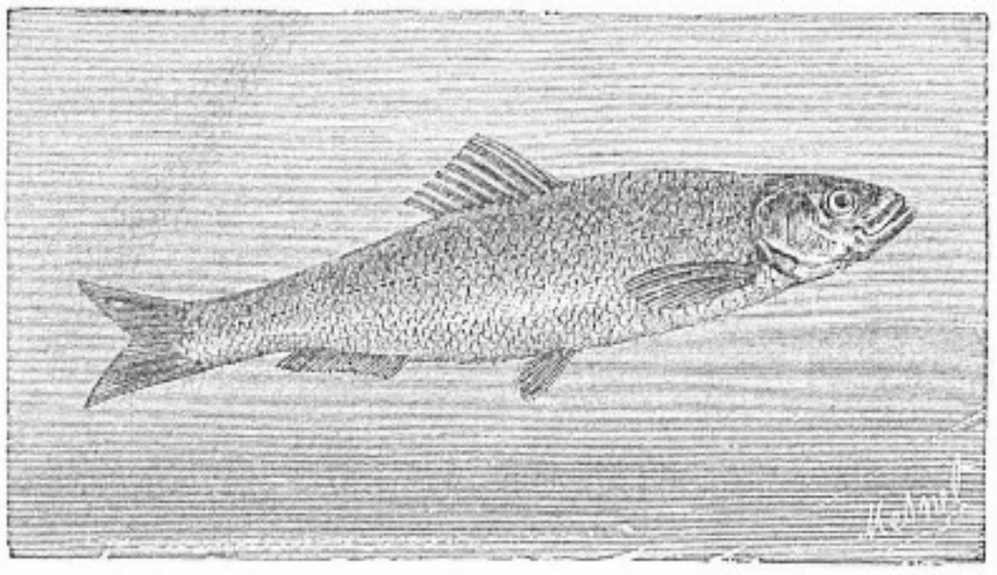


FIG. 7. — HARENGULE.

qui revêt les beaux coraux rouges d'une partie des côtes de Sumatra. Enfin la Melette vénéneuse (*Melelta venenosa*) est particulièrement intéressante. Pour le vulgaire, elle ressemble assez à une sardine, mais ses propriétés toxiques doivent la faire rejeter immédiatement. C'est elle en effet qui fut la cause des nombreux empoisonnements survenus dans la rade de Balade (Nouvelle-calédonie) en 1853 et rapportés par Lacroix. A bord du *Catinat*, sur 50 hommes qui mangèrent de la Melette toxique, 30 furent malades et 5 moururent. Sur le *Prony*, il y eut une douzaine de matelots atteints. Les symptômes consistaient d'abord en crampes violentes bientôt généralisées. Puis survinrent des nausées, des vomissements, une diarrhée abondante. Les extrémités se refroidirent, la respiration s'arrêta, les pupilles étaient dilatées et la mort arriva au bout de quelques heures. Chez ceux qui échappèrent on nota pour les uns une agitation extrême avec délire intense; pour les autres, une prostration absolue avec anesthésie complète. Meunier, chirurgien du *Catinat*, qui fut lui-même gravement atteint, remarqua que les Melettes étaient pleines d'œufs et que l'époque de la toxicité était aussi celle de la floraison des coraux.

Dans nos pays, les œufs de quelques-unes de nos espèces locales sont doués parfois de propriétés purgatives. Le Brochet, la Tanche et surtout le Barbeau peuvent être cités à ce titre.

Les Anacanthéniens renferment la Barbue et la Lote, dont les œufs sont quelquefois légèrement toxiques, les Orphies aux os de couleur verte suspectées aux Antilles, et la Morue. La place importante qu'occupe ce dernier poisson dans l'alimentation fait que, comme pour les

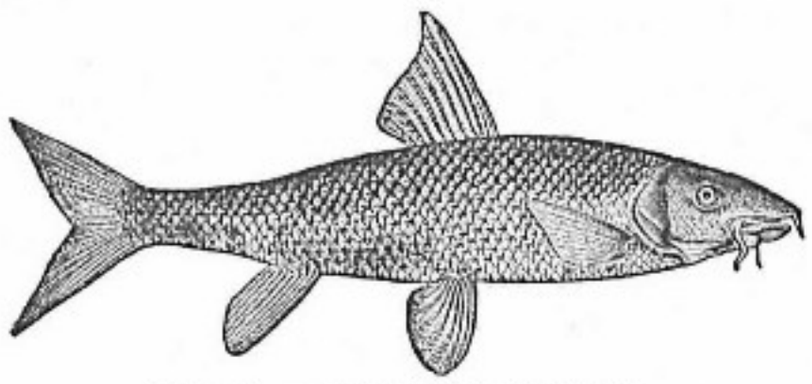


FIG. 8. — BARBEAU COMMUN.

Esturgeons, les cas d'empoisonnements que l'on peut imputer à l'altération de sa chair sont extrêmement nombreux. A Lorient, 222 matelots furent malades pour avoir mangé de la morue malsaine.

Les Pharyngognathes, auxquels appartiennent les Scares et les Pseudoscares, peuvent servir d'exemples d'empoisonnements attribuables non au poisson lui-même, mais à son mode d'alimentation. Le Scare des Anciens ou des mers de Grèce (*Scarus cretensis*) jouissait dans l'antiquité d'un grand renom, aussi bien par les qualités de

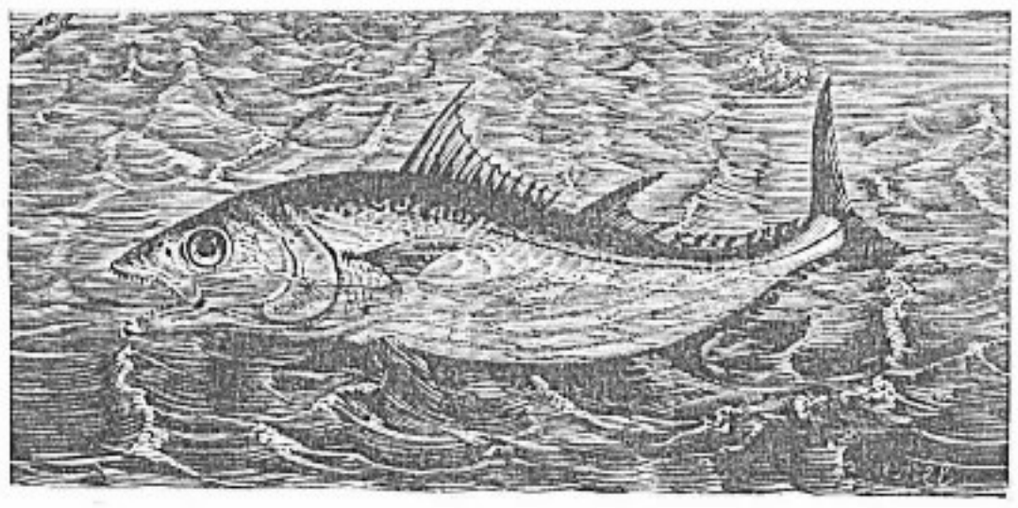


FIG. 9. — BONITE.

sa chair que par la multiplicité des légendes qu'on débitait sur son compte. On sait que les Romains ne reculaient devant rien pour satisfaire leurs caprices culinaires; c'est ainsi que, sous le règne de Claude, un amiral, Optatus Elipertius, fut spécialement chargé, au dire de Pline, de peupler de Scares les mers d'Italie qui en étaient dépourvues et où on les rencontre parfois encore maintenant. L'ingestion de ces animaux détermine dans quelques circonstances des accidents diarrhéiques. Ceux-ci semblent dus non aux Scares eux-mêmes, mais à leur genre de nourriture et à l'habitude, déjà mentionnée par Martial qui vantait le Scare « *visceribus bonus* » et conservée par les Grecs actuels, de manger son foie et ses intestins. Les mêmes faits s'appliquent aussi parfaitement aux Pseudoscares exotiques, poissons aux livrées brillantes (d'où souvent leur nom de perroquets) qui peuplent les mers tropicales et dont les espèces sont particulièrement nombreuses.

Au milieu du grand nombre de familles qui constituent le groupe des Acanthoptérygiens proprement dits, quelques-unes méritent une mention spéciale. Les Sphyrènes, par exemple, animaux voraces et féroces, sont particulièrement redoutables. La Bécune (*Sphyræna becuna*) a causé des accidents aux Antilles. Une espèce méditerranéenne, le *Tetragonurus Cuvieri*, qu'on prend quelquefois à Nice où elle porte le nom de *Courpala*, est comestible, mais peut devenir dangereuse en été. Cette toxicité proviendrait, d'après Risso, qui en fit deux fois l'expérience sur lui-même, des Stéphanomies et autres Radiaires, d'une causticité et d'une âcreté

considérables, dont ce poisson fait sa nourriture. Le *Gobius criniger*, répandu en Malaisie, a causé quelques accidents à Pondichéry.

Ce qui caractérise les poissons de la famille des Corangidés et de celle des Scombridés, c'est le facile et rapide développement des toxines de putréfaction dans leur chair. Le « Couliron » de la Guadeloupe, la « Fausse-Carangue » des Antilles, le « Carangue à plume » ou « Quatre » des mêmes régions, la « Bonite à ventre rayé », ont causé aussi quelques accidents. Il n'est pas jusqu'à certains Maquereaux et certains Thons qui ne puissent devenir dangereux en se décomposant. En Nouvelle-Calédonie, le *Lethrinus mambo* est absolument inoffensif jeune, tandis qu'adulte il est fort dangereux; ce qui semblerait prouver que c'est dans le développement de ses organes génitaux qu'il faut rechercher la cause de sa toxicité.

HENRI COUPIN.

Revue critique des Travaux scientifiques.

ZOOLOGIE

L'origine des perles.

Dût l'opinion générale les traiter comme à l'ordinaire de barbares dénués de toute poésie, les naturalistes considèrent les perles fines comme de simples concrétions calcaires, constituées par l'apposition successive de couches concentriques de substance nacrée, qui se forment dans les parties molles de certains mollusques acéphales. Les principaux de ces mollusques sont les Huîtres perlières (*Meleagrina margaritifera, vulgaris*, etc.) de l'océan Indien; mais on trouve des perles dans nombre d'autres espèces et jusque dans les Moules communes de nos côtes; ces dernières, à vrai dire, dépourvues de l'orient des perles fines, sont inutilisables en joaillerie, mais elles n'en sont pas moins exactement de même nature que les perles fines.

Quelle est l'origine de ces productions? quelle est la cause qui détermine leur formation dans les tisus du Mollusque. C'est là une question longtemps controversée, mais maintenant, semble-t-il, tout à fait résolue. Tout d'abord, il importe de constater que tous les individus d'une même espèce sont loin de présenter des perles : en moyenne, sur quatre Huîtres perlières, une seule en fournit. La proportion varie d'ailleurs notablement d'une localité à une autre : en certains points, bien localisés, tous les individus sont porteurs de perles, tandis qu'ailleurs les perles semblent manquer totalement, et les Huîtres pêchées ne sont utilisées que pour la nacre de leur coquille. Il faut en conclure que la production de la perle n'est pas un fait normal, mais bien un phénomène individuel, et même, comme nous le verrons, un phénomène pathologique.

Tout le monde admet que la perle se forme autour d'un corps étranger, qui en constitue le *noyau*. L'opinion la plus répandue dans le public, — parce qu'on la trouve énoncée dans la plupart des ouvrages de vulgarisation, — est que ce corps étranger est un grain de sable, accidentellement introduit dans le Mollusque. On a même récemment préconisé l'introduction de grains de sable ou même de petites perles entre le manteau et la coquille, comme un moyen d'obtenir à volonté des grosses perles. Le manteau sécrète alors de la nacre qui enrobe le corps étranger et donnerait une perle. C'est une erreur. Ce procédé, utilisé depuis longtemps par les Chinois pour obtenir de petits objets ou des figurines nacrées, ne peut donner que des « fausses perles » réunies à la coquille par un pédicule, qui laisse une cicatrice quand on les détache de la valve qui les porte. Les vraies perles se trouvent dans les parties molles et n'ont pas de cicatrice.

Quelques auteurs ont admis, comme origine de la perle, soit un calcul produit par le Mollusque, soit un œuf qui aurait émigré hors de l'ovaire.

Mais il est probable que, dans la plupart des cas, sans doute même toujours, les perles ont une origine parasitaire. Un parasite déterminé s'étant introduit dans les tissus du Mollusque, ces tissus réagissent contre l'intrusion de celui-ci, et tentent de l'isoler en l'enrobant dans une enveloppe calcaire qui le mette hors d'état de nuire. Cette enveloppe n'est autre que la perle. La production des perles se rattacherait donc à cette longue série de moyens de défense des organismes contre l'invasion parasitaire, dont l'étude, de date toute récente cependant, a révélé la généralité et aussi la grande variété.

Voici en résumé comment les choses se passent : Le parasite pénètre dans l'épaisseur du manteau, et, une fois logé dans le tissu conjonctif, y reste à peu près complètement immobile. Sa présence détermine une réaction dans les tissus voisins du Mollusque, qui s'organisent de telle sorte qu'une petite cavité sphérique se forme tout autour de lui. Cette logette se tapisse d'un épithélium, qui, fonctionnant comme l'épithélium externe du manteau, se met à sécréter la nacre de la perle. Peu à peu la perle s'épaissit et emprisonne le parasite qui meurt et se calcifie lui-même. Quelquefois pourtant le parasite réussit à s'échapper de sa prison, mais le sac continue à fonctionner; ainsi s'expliquent les perles dont le noyau ne renferme aucune trace de parasite.

Tous les parasites ne déterminent pas la production de perles; on croyait même jusqu'ici que les seuls qui puissent conduire à ce résultat appartenaient exclusivement au groupe des Trématodes, que c'étaient des *Distomes*, voisins des Douves, si fréquentes dans le foie des Moutons. Mais, d'après les préparations envoyées par M. SEURAT et étudiées

par M. GIARD, les perles de Tahiti sont déterminées par la larve d'un Cestode, groupe voisin des Trématodes et dont le type est le Ténia. Il en serait de même d'ailleurs, d'après d'autres auteurs, pour les perles de Ceylan.

Quoiqu'il en soit, il est clair que, pour obtenir une production plus grande de perles, il faudrait assurer l'infestation des Huîtres par leurs parasites. La chose est-elle possible? On ne saurait évidemment parasiter directement le Mollusque, mais si on connaissait les conditions du développement du parasite, on pourrait réunir les conditions les plus favorables à son développement dans le voisinage des bancs d'Huîtres et augmenter par suite sensiblement la formation des perles.

L'étude biologique du Distome des Huîtres perlières n'a pas encore été faite, mais on a pu récemment étudier l'évolution complète de celui des Moules, et il est à prévoir que les deux développements doivent se calquer visiblement l'un sur l'autre.

Certaines de nos Moules sont tellement bourrées de perles qu'elles deviennent impropres à la consommation. C'est le cas d'un banc décrit par HAMONVILLE, en 1894, à Billiers (Morbihan) et étudié par RAPHAEL DUBOIS en 1901, par LYSTER JAMESON en 1902. Ce dernier auteur a pu élucider d'une façon complète la biologie du parasite de ces Moules, et voici les résultats auxquels il est arrivé.

On sait que l'évolution des Distomes est particulièrement compliquée. Non seulement ils doivent revêtir successivement divers états larvaires, mais ils ne peuvent passer d'une forme à la forme suivante qu'à la condition d'émigrer dans des hôtes différents.

Le parasite des Moules n'est pas un Distome adulte, c'est encore une forme larvaire, très semblable à l'état définitif, mais encore dépourvue d'organes femelles murs. L'état adulte ne s'acquiert que dans le tube digestif d'un Palmipède, la Macreuse noire (*Œdemia nigra*), si grand amateur de moules qu'on lui donne en Normandie le nom de « Cane Moulière » [1]. L'oiseau avale les parasites en même temps que les moules qui leur servent d'hôtes. Une fois mûrs, les Distomes pondent. Mais les larves qui sortent de ces œufs ne vont pas directement dans les Moules. Elles doivent passer d'abord dans d'autres Mollusques bivalves, et plus spécialement dans les Palourdes (*Tapes decussata*) et dans les Coques ou Boucardes (*Cardium edule*). Ces larves prennent dans ces mollusques la forme de sacs irréguliers (sporocystes) dans l'intérieur desquels naissent en quantité les larves de la seconde forme (cercaires). Ces dernières sortent du sporocyste et du Mollusque dans lequel elles ont pris naissance, et, après avoir rampé quelque temps sur le sable et la vase, elles vont infester les Moules. Nous revenons ainsi au point de départ.

1. L'évolution peut se faire sans doute dans d'autres espèces de Macreuses, et aussi dans les Eiders.

Pour que les moules produisent des perles, il faut donc : 1° qu'il existe dans leur voisinage des *Tapes* ou des *Cardium*; 2° que les Moules reposent sur le sol, et ne soient pas fixées à un support, pour permettre l'accès des larves rampantes; 3° que dans la même localité se trouvent des Macreuses mangeuses de moules.

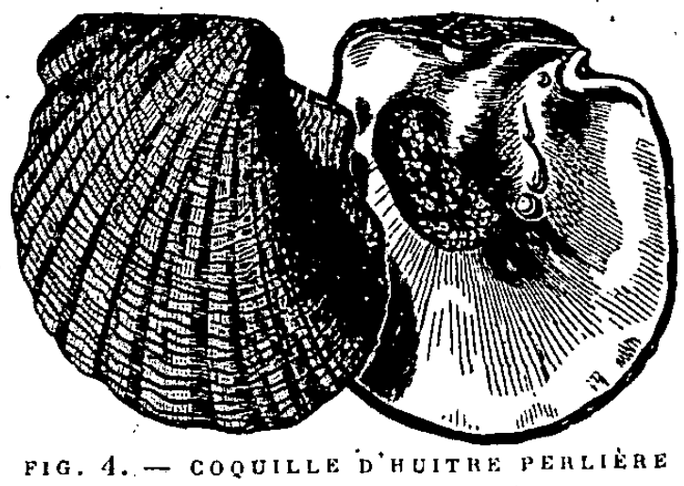


FIG. 4. — COQUILLE D'HUITRE PERLIÈRE (*Melceyrus margaritifera.*)

Tout récemment, M. R. DUBOIS a réussi à acclimater sur nos côtes le *Margaritifera vulgaris* de Ceylan, qui avait passé naturellement par le canal de Suez dans la Méditerranée, et s'était peu à peu répandu jusqu'à Alexandrie et en Tunisie. Transportées à Tamaris, les Huîtres perlières y ont parfaitement prospéré. M. R. Dubois, en les plaçant dans les milieux où les Moules devenaient perlières, a pu constater qu'elles avaient subi, elles aussi, la contamination; une huître en moyenne sur 10, portait une ou plusieurs perles fines, tandis qu'à Gabès, il faut en ouvrir 1 500 ou 1 800 pour trouver une perle. Les observations de L. Jameson et de R. Dubois donneraient donc, en se complétant, la solution du problème.

La même méthode pourra être appliquée aux Huîtres perlières infestées par un Cestode. Le Cestode qui les parasite doit avoir une évolution assez analogue à celle que nous venons d'esquisser. D'après les recherches de Hornell et Herdman sur l'Huître perlière de Ceylan, le Ver, après avoir infesté les Huîtres, se retrouverait dans un poisson bizarre, le Coffre (*Balistes*), grand mangeur de Méléagrines, et l'adulte habiterait sans doute un Squale ou quelque autre grand Sélacien qui dévore les Balistes. SEURAT, toutefois, n'a pas retrouvé le Cestode de Tahiti — différent d'ailleurs de celui de Ceylan — dans le Coffre. En tout cas, la connaissance des deux hôtes définitifs donnerait la solution du problème.

Si donc nous ne sommes pas encore en mesure de produire des perles à volonté, tout au moins sommes-nous en possession d'une méthode qui permet d'espérer des résultats plus ou moins prochains.

R. PERRIER.

BIBLIOGRAPHIE. — Filipp, *Sull'-origine delle Perle* (1852) [première indication de l'origine parasitaire de la perle]. — D'Hamonville, *Les moules perlières de Billiers*, *Bull. Soc. Zool. de France* (1894). — R. Dubois, *Sur le mécanisme de la formation des perles fines dans le* Mytilus edulis, *C. R. Acad. Sc.* 1901. — Lyster Jameson, *On the origin of Pearls*, *Proc. Zool. Soc. London*, 1902. — R. Dubois, *Sur l'acclimatation et la culture des pintadines, ou huitres perlières vraies, sur les côtes de France, et sur la production forcée des perles fines*, *C. R. Acad. Sc.*, 19 oct. 1903. — R. Dubois, Même sujet, *C. R. de la Soc. de biologie*, 30 oct. 1903. — A. Giard, *L'origine parasitaire des perles d'après les recherches de M. G. Seurat*, *C. R. de la Soc. de biologie*, 6 nov. 1903. — A. Giard, *Sur la production volontaire des perles fines ou margarose artificielle*, id.; ibid.

PHYSIQUE

Le Spinthariscope de Sir W. Crookes.

En observant à la loupe, ou au microscope, un écran de sulfure de zinc phosphorescent dans la région exposée à l'action d'un grain de radium placé très près de lui, on aperçoit, autour d'une tache lumineuse, une série de points brillants qui scintillent. Par leur apparition et leur disparition incessantes ils donnent l'impression d'un ciel étoilé changeant. Que l'on fasse le vide dans le système ou qu'on le refroidisse aux plus basses températures que l'on sache produire, le phénomène persiste sans modifications.

M. Becquerel a obtenu les mêmes curieuses manifestations en employant comme écran sensible de minces lames de mica enduites de petits cristaux provenant de diamant ou de blende hexagonale pulvérisés. Il a également employé l'écran au platino-cyanure de baryum et le sulfate double d'uranium et de potassium. Le phénomène est d'autant mieux marqué que les cristaux irradiés sont plus petits; un fragment cristallin qui semble relativement gros sous le microscope est simplement le siège d'une phosphorescence continue. Si une petite étoile vient à scintiller en un point du fragment, c'est que celui-ci porte vraisemblablement à cet endroit une fêlure.

Quels sont les rayons qui provoquent la scintillation?

On sait que le rayonnement du radium est complexe : en plaçant la substance active dans une étroite rigole, creusée dans un bloc de plomb, et orientée parallèlement au champ d'un puissant électro-aimant, il est possible de reconnaître que trois flux distincts s'échappent du radium. Le premier flux, constitué par ce que l'on nomme les rayons γ, se propage comme si le champ magnétique n'existait pas; le second flux, formé par les rayons α, chargés d'électricité positive, est faiblement dévié d'un côté, alors que le troisième flux, formé par les rayons β chargés d'électricité négative, est fortement dévié du côté opposé. Ces flux frapperont donc un écran placé au-dessus de la rigole en trois régions parallèles plus ou moins distinctes, qui deviendront le siège d'effets lumineux faciles à comparer dans certains cas.

Des expériences de M. Becquerel il résulte que, « conformément à l'opinion émise par Sir W. Crookes, ce sont les rayons α qui provoquent la phosphorescence scintillante, la phosphorescence continue excitée par les rayons β, lorsqu'elle est appréciable ou prépondérante, masque le phénomène produit par les rayons α ». Rappelons que les rayons α sont les moins pénétrants et que l'interposition d'une lame d'aluminium de 0 mm. 1 d'épaisseur les supprime en très grande partie.

Il est plus difficile de préciser le mécanisme de la scintillation. Si, comme l'a imaginé sir W. Crookes, le radium émettait les rayons α par intermittence, la scintillation s'expliquerait par le renforcement correspondant de la phosphorescence aux divers points frappés. Mais M. Becquerel, ayant observé qu'on réalise un véritable spinthariscope sans radium en regardant à la loupe des cristaux de blende hexagonale que l'on écrase entre deux plaques de verre, rapporterait plutôt le phénomène à des clivages provoqués dansles petits cristaux par le choc des rayons α. Lorsqu'on brise du sucre, des cristaux de nitrate d'uranium, etc., on sait depuis longtemps que des lueurs instantanées illuminent les particules au moment de leur séparation.

La scintillation serait donc due en définitive aux étincelles microscopiques qui accompagnent le clivage de petits cristaux de la substance sensible, clivage provoqué par les rayons α.

C'est encore là, en dernière analyse, l'opinion de M. Tommasina. En approchant d'écrans en phosphorescence continue des corps électrisés, il se produit des décharges qui revivifient la scintillation disparue. Apparemment les fragments de sulfure les plus mobiles sont dérangés de leur position et présentent alors des facettes encore intactes. Les petites décharges qui résultent de l'électrisation des cristaux peuvent aussi produire le renouvellement des clivages. Il est à retenir que le microscope mis au point *exactement* pour voir toute la scintillation est également au point sur les arêtes les plus proéminentes des cristaux de la couche supérieure. Aux cavités ou aux interruptions de la couche correspondent des points noirs.

Le curieux phénomène du spinthariscope découvert par Sir W. Crookes en mars 1903, et présenté par M. Curie à la Société française de physique en juillet dernier, recevra bientôt sans doute, une explication définitive.

Formules empiriques.

Les comptes rendus de l'Académie des Sciences du 9 novembre dernier renferment l'exposé de recherches faciles à répéter, au moins en partie, et qui conduisent à d'intéressantes formules empiriques. Elles sont relatives à la pression due au choc, à la détermination de la tension superficielle des liquides, à la photométrie hétérochrome et à la transparence des eaux qui renferment des matières argileuses en suspension.

Pression due au choc.

Comme manipulation on peut chercher à déterminer par l'expérience la pression momentanée résultant d'un choc. Ayant assujetti convenablement un dynamomètre, et lui ayant fixé un crayon dont la pointe frotte légèrement sur une feuille de papier placée auprès de lui, on gradue l'appareil au moyen de poids connus qui lui sont successivement accrochés. En appliquant ensuite au dynamomètre l'effort de traction dû au choc produit par un corps de poids p après une chute libre h, on obtient une flexion maximum du ressort égale à celle que produirait statiquement un poids P. La pression due au choc est égale par définition à P. *M. Ringelmann* a été ainsi conduit à la formule suivante :

$$P = k\, p\, v,$$

v étant la vitesse que possède le corps au moment

du choc. La valeur numérique du coefficient k a été trouvée égale à 13,55.

Il y a bien des manières d'établir un dynamomètre si la collection dont on dispose n'en comporte pas, et de conduire l'expérience.

Capillarimètre.

En appuyant sur les bords d'une lentille cylindrique biconcave deux lames de verre à faces parallèles, on constitue deux tubes dont les sections sont des segments de cercle ayant respectivement pour flèche e et e'. Si on plonge l'une des extrémités de ce double canal disposé verticalement dans un liquide qui mouille le verre, on le verra monter suivant l'axe de chacun des compartiments à des hauteurs h et h' dont il sera aisé de relever la différence H. Les lois des actions capillaires permettent d'écrire :

$$(1) \qquad H = k\frac{A}{\delta}$$

k étant une constante de l'appareil que l'on détermine au moyen de liquides dont on connaît bien la tension capillaire A, ainsi que le poids spécifique δ. Ensuite la formule (1) servira, pour un nouveau liquide, à calculer A. Le nettoyage de ce capillarimètre est commode, et les auteurs, MM. *Tassilly et Chamberland*, déclarent que sa manipulation est expéditive et suffisamment précise.

Photométrie hétérochrome.

Des expériences de M. C. Fabry il résulte qu'on peut aisément réaliser une infinité d'étalons lumineux secondaires, donnant les mêmes sensations de couleur que les diverses sources usuelles, en interposant devant un étalon à flamme (une lampe Carcel par exemple) deux cuves à faces parallèles de largeur convenable, dans lesquelles on verse des liquides affaiblissant respectivement la partie rouge et la partie bleue du spectre. On peut ainsi produire la teinte de la lumière solaire, celle de l'arc au mercure, etc. M. Fabry a choisi les deux dissolutions absorbantes suivantes dont la préparation est très facile : ...

Absorption du rouge A.

Sulfate de cuivre cristallisé....	1 gr.
Ammoniaque à 22°.....	100 cmc.
Eau, ce qu'il faut pour faire 1 litre.	

Absorption du bleu B.

Iode.....	1 gr.
Iodure de potassium.....	3 gr.
Eau pour faire 1 litre.	

Ayant au préalable établi une table numérique ou une formule empirique faisant connaître l'affaiblissement d'intensité dû à l'interposition des milieux absorbants, voici comment on procède à la comparaison d'une source L et d'un étalon E. On dispose l'opération comme s'il s'agissait de comparer la source L à une lampe Carcel, puis on règle les épaisseurs X et Y des dissolutions A et B de façon à amener la lumière reçue par le photomètre employé et provenant de la lampe Carcel, à la même teinte que celle qui émane de L, on règle enfin l'égalité d'intensité par le jeu des distances par exemple. On opère de même après avoir substitué l'étalon E à la source L. On écrit l'équation photométrique qui correspond aux deux expériences, en tenant compte des coefficients d'affaiblissements d'intensité α et β dus à l'interposition des milieux, et l'on en tire le rapport des intensités L et E. M. Fabry espère ainsi éliminer de la pratique courante les très grandes difficultés que présente la photométrie hétérochrome. Il donnera bientôt, dans un mémoire étendu sur la question, tous les détails nécessaires à l'application rapide de son procédé de mesure.

L'hyperbole de transparence.

De l'eau contenant du kaolin fin, préalablement lévigé et soigneusement débarrassé des matières étrangères, est versée dans un appareil constitué par deux tubes étanches, pouvant coulisser l'un dans l'autre. A l'une de leurs extrémités chacun de ces tubes est fermé par des lames de verre à faces parallèles. On observe au travers du liquide une ouverture ronde de 3 cm. de diamètre pratiquée dans l'une des parois verticales d'une caisse noircie extérieurement. L'ouverture est fermée par un mince papier huilé éclairé successivement par une bougie, un bec Auer ou la lumière oxhydrique. On détermine photométriquement l'intensité de l'éclairement du papier, puis on règle la longueur de la colonne liquide pour laquelle il y a disparition du disque éclairé. Cette épaisseur y dépend de la masse x d'argile fine en suspension dans un litre et que l'on peut doser en pesant le résidu après évaporation de l'eau. Il est remarquable que l'éminent océanographe auquel ces expériences sont dues, M. Thoulet, ait toujours trouvé pour la courbe qui les représente une hyperbole équilatère $xy = K$.

Inversement la connaissance de K et de la profondeur y à laquelle disparaît une boule peinte en blanc que l'on descend dans une nappe d'eau argileuse conduit, par un calcul immédiat, à la teneur en grammes par litre des matières argileuses en suspension dans l'eau.

Les rayons N.

M. *Blondlot* vient d'observer l'emmagasinement des rayons N par les dissolutions salines. Les milieux de l'œil, l'eau de mer, l'hyposulfite de soude solide ou dissous, absorbent les rayons N. Lorsque, dans une salle très faiblement éclairée, dont on a clos les volets par exemple, on entrevoit tout juste un objet que l'on regarde, celui-ci s'éclaire et se précise lorsqu'on vient à diriger vers les yeux de l'observateur les rayons N émis par un corps qui les a préalablement absorbés.

A. GUILLET.

PHOTOGRAPHIE

Photographie par moulages transparents.

On peut, à l'aide de moulages transparents, obtenir de bonnes photographies d'objets noirs ou éteignant les radiations photogéniques, ayant un faible relief, petits et difficiles à mettre au point.

Ce procédé, dû au Docteur *Stéphane Leduc*, est susceptible de rendre de très nombreux services : en numismatique, il permet d'obtenir facilement des reproductions photographiques de tous jetons, de toutes monnaies ou médailles (fig. 1 et 2); il se prête à la photographie, sans

FIG. 1.

aucun appareil spécial, de coupes métalliques ou d'alliages attaqués par les acides; en histoire naturelle, il permet de photographier les insectes noirs et leurs principaux organes, les diverses parties des plantes, feuilles ou graines; on peut, en anatomie ou en médecine, obtenir

FIG. 2.

par ce procédé des photographies de la peau, que ne peut donner aucun autre moyen (fig. 3).

Bien qu'on puisse employer pour le moulage diverses substances, le docteur Stéphane Leduc s'est surtout servi de gélatine : il l'emploie pure pour les objets ayant un relief assez accentué, additionnée de substances absorbant la lumière, d'encre de Chine par exemple, dans une proportion d'autant plus grande que le relief est moindre.

Des procédés de moulage différents peuvent être utilisés :

Pour les monnaies, les médailles, les métaux, celui qui donne les meilleurs résultats et permet d'éviter facilement les bulles d'air qui altèrent le moulage en adhérant à la surface du métal est le suivant : on place la médaille à mouler sur une plaque de verre et on coule sur elle une solution de gélatine à 20 p. 100, à une température telle qu'elle ait la consistance d'un sirop visqueux; on ne laisse tomber ainsi que la quantité de gélatine nécessaire pour recouvrir la médaille; on place sur cette gélatine une lame de verre mince, qui l'étale; s'il se trouve des bulles d'air à la surface du métal, on les aperçoit facilement et il suffit, pour les chasser, de communiquer à la plaque de verre de petits mouvements latéraux.

On laisse la préparation se refroidir et la gélatine bien prendre; on place alors la lame de verre en dessous, la médaille en dessus et, à l'aide d'une petite pince à griffe, on démoule sans difficulté la médaille.

On a ainsi un cliché en relief, dans lequel les creux de la médaille sont en noir. On laisse sécher cette préparation qui donnera ensuite, avec la lanterne d'agrandissement, un cliché négatif, c'est-à-dire donnant des épreuves positives sur lesquelles les saillies des médailles viendront en blanc et les creux en noir.

Si l'on tient à avoir des reproductions à échelle égale, il suffit de tirer le négatif directement, par contact, à l'aide du moule.

Le moulage des insectes, des organes de plantes, des graines, etc., se fait en étalant uniformément une couche de gélatine à la surface de la plaque de verre et en moulant l'objet à sa surface au moment où elle commence à prendre.

Pour le moulage de la peau, il faut également couvrir une plaque de verre d'une couche bien uniforme de gélatine fortement teintée par de l'encre de chine; à l'instant où elle commence à prendre, on l'applique à la surface de la peau à mouler et on place sur le dos de la plaque, un vase en verre mince contenant de la glace ou un mélange réfrigérant; sans cette précaution, la chaleur du corps empêcherait la gélatine de se solidifier; après quelques minutes de refroidissement, le démoulage se fait facilement. Les épreuves obtenues par le docteur Stéphane Leduc montrent, par les détails que l'on peut ainsi obtenir, que cette méthode permet de fixer par la photographie les particularités anatomiques et pathologiques de la peau.

Appareil d'essai pour les émulsions au gélatino-bromure; influence de la température et du temps de pose sur la nature de l'image.

Le commandant *Houdaille* a récemment présenté à la Société française de photographie un appareil d'essai d'une émulsion, d'un emploi très facile, de disposition analogue à celle de l'appareil de *Drieffield*. Il se compose d'un disque tournant, mû par un mouvement d'horlogerie, percé de sept ouvertures dont la plus petite correspond à la centième partie de la circonférence et dont chacune est double de la précédente (fig. 4). En arrière du disque, on peut placer deux plaques du format 9×12 et, au moyen de volets fixes ou mobiles, on peut recouvrir le quart ou la moitié de ces plaques. Si on expose l'appareil à la lumière d'une bougie, à 1 mètre, pendant 10 secondes, et 1 seconde,

chaque plaque sera divisée en trois zones distinctes : une zone A, protégée par le volet fixe, n'a reçu aucune impression; elle sert à mesurer le voile; une zone B ayant reçu des luminations respectives de $\frac{1}{100}$, $\frac{2}{100}$, $\frac{4}{100}$, $\frac{16}{100}$, $\frac{32}{100}$, $\frac{64}{100}$ de bougie-mètre-seconde, utilisée pour mesurer la limite inférieure de sensibilité; une zone C divisée également en sept bandes ayant posé dix fois plus : $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$..... $\frac{64}{10}$ de B.-M.-S. permettant de mesurer la gamme d'opacité, la

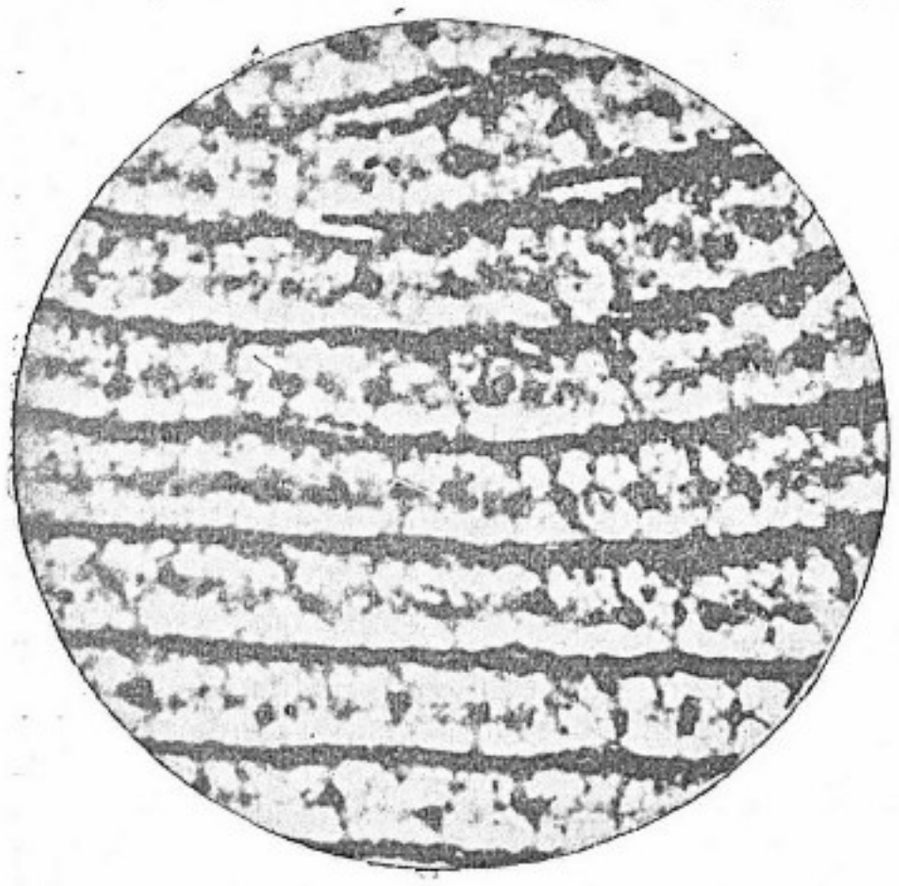


FIG. 3.

limite supérieure de sensibilité, la quantité de la lumière minima, la durée normale du développement, etc.

Pour faire un essai, on expose deux plaques, soit de même émulsion, s'il s'agit d'un essai en valeur absolue, soit d'émulsions différentes, si l'on se contente d'un essai comparatif. Après avoir développé, fixé et séché, on replace les clichés dans l'appareil et l'on tire, par contact, sur la même émulsion, un contretype dans des conditions

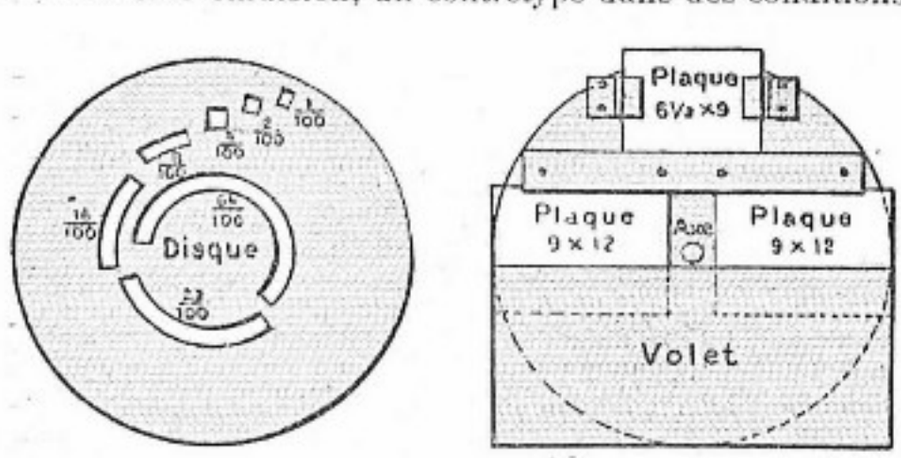


FIG. 4. — APPAREIL D'ESSAI D'UNE ÉMULSION DU COMMANDANT HOUDAILLE.

rigoureusement identiques. Pour le développement, on a soin de diviser le révélateur en deux parties égales et de noter exactement sa température. L'examen des deux clichés, du type et du contretype, permet de caractériser absolument l'émulsion soumise à l'étude et, en outre, de donner de précieuses indications sur l'emploi du révélateur qui a servi aux essais.

Nous n'entrerons pas dans le détail de la détermination des diverses caractéristiques de l'émulsion ainsi étudiée, nous contentant de faire remarquer que l'appareil d'essai du commandant Houdaille permet de faire enregistrer par la plaque photographique elle-même ses qualités et ses défauts.

Cet appareil d'essai a, en particulier, permis à l'auteur d'étudier l'influence de la température du révélateur et du temps de pose sur la valeur du négatif photographique.

Le but, d'ordre essentiellement pratique, que s'est proposé l'auteur de ces recherches peut se résumer en deux lignes : *lorsqu'on a obtenu, par un heureux concours de circonstances, un bon cliché, comment doit-on opérer pour en obtenir de semblables?*

En dehors de la nature du sujet, deux causes principales viennent modifier profondément le résultat obtenu : la température du révélateur et l'incertitude où l'on se trouve de la valeur exacte du temps de pose. Ces deux causes peuvent se mesurer ou s'apprécier par la durée d'apparition de l'image et par la durée totale du développement. De l'observation de ces deux durées, on peut donc tirer des indications précises, à la condition de connaître la relation qui les relie à la température et au temps de pose.

Une variation de 1° dans la température du révélateur entraîne une variation de 5 p. 100 en sens inverse dans la durée d'apparition de l'image, ainsi que dans la durée totale du développement; cette règle s'applique dans les limites de température comprises entre 10° et 25° C.; si l'on prend comme unité le temps nécessaire pour un révélateur à 15° C., il suffit d'ajouter ou de retrancher 5 p. 100 par degré de différence. On développe, par exemple, la moitié d'une plaque à 15° et on observe :

Durée d'apparition.	60 secondes.
Durée totale du développement.	300 secondes.

On développe ensuite la seconde moitié à 23°. Il faudra déduire 40 p. 100 des chiffres ci-dessus.

L'image apparaîtra en.	36 secondes
Elle sera terminée en.	180 secondes

et le résultat définitif sera très peu différent.

En ce qui concerce l'influence du temps de pose, tout le monde sait qu'un cliché surexposé apparaît plus rapidement et se trouve terminé plus vite qu'un cliché sous-exposé; mais on ignore généralement que l'observation de ces différences peut fournir une indication très précieuse de la valeur de la surexposition ou de la sous-exposition, quand on connaît la durée normale d'apparition de l'image sur une plaque de même émulsion, développée dans le même révélateur, à la même température.

La durée d'apparition varie de 15 p. 100 quand la durée de pose varie du simple au double : si l'image d'un bon cliché a mis 100 secondes à apparaître, l'image d'un cliché obtenu avec un temps de pose moitié moindre exigera 115 secondes; celle d'un cliché ayant eu une pose double apparaîtra en 85 secondes.

Cette appréciation est plus facile avec les révélateurs à action lente qu'avec les révélateurs rapides; il est bon de ne pas tenir compte du ciel, mais du sujet principal, pour apprécier les durées d'apparition.

Pour un même sujet, il existe une *durée totale de développement* qui est préférable à toutes les autres, en ce sens qu'elle permet d'obtenir une image positive conforme à l'original ou conforme à l'effet désiré; il est aisé de la déterminer au moyen de l'appareil du commandant Houdaille.

Cet auteur a étudié aussi la *tolérance de pose*, au sujet de laquelle on a émis les opinions les plus contradictoires. Si l'on ne modifie pas le révélateur et si l'on désire obtenir des positives à peu près identiques, on ne doit pas dépasser la surexposition 2 ou la sous-exposition $\frac{1}{2}$. La tolérance de pose varie donc de 1 à 4.

Si l'on se contente d'épreuves non comparables, mais utilisables, on peut doubler ces chiffres et la tolérance varie de 1 à 16.

Enfin, en modifiant le révélateur par addition de bromure, on peut quadrupler ce chiffre dans le cas de surexposition et atteindre l'écart de 1 à 64.

C.-H. NIEWENGLOWSKI.

LE MOUVEMENT SCIENTIFIQUE A L'ÉTRANGER

Nous quitterons aujourd'hui le domaine de la physique pure pour parler des applications importantes de la physique, ou, pour mieux dire, de la chimie physique à la physiologie.

Hémolyse des globules rouges du sang.

C'est d'ailleurs, à proprement parler, de la physiologie qu'est née la chimie physique, ou du moins cette notion de la *pression osmotique* qui est à la base de la théorie des solutions. Quand on prend du sang défibriné, composé par suite d'un liquide salin où nagent les globules rouges et qu'on y ajoute de l'eau pure, l'équilibre est rompu entre le liquide intérieur au globule et le liquide extérieur; les globules se gonflent, puis crèvent et la solution se colore en rouge : on dit qu'il y a *hémolyse*, et la pression qui agit ainsi par osmose à travers la paroi du globule pour le faire éclater est dite *pression osmotique*. Ce qui fait l'importance de cette pression osmotique, c'est qu'elle est égale à la pression gazeuse qu'aurait la quantité de corps salin dissous qui la produit, s'il était amené à l'état gazeux sous un volume égal à celui de la dissolution employée.

Pour mieux nous faire comprendre, reprenons l'expérience précédente. Les globules rouges seront mis en suspension dans de l'eau de plus en plus chargée de sel marin; pour une certaine concentration du sel dans l'eau, les globules cesseront de crever, il n'y aura plus hémolyse. On pourra rechercher cette concentration limite pour une solution d'un autre sel que le sel marin, par exemple le sulfate de soude : les deux solutions ainsi obtenues seront dites *isotoniques*.

Ainsi *la pression osmotique joue le rôle de la pression gazeuse*. Voilà un fait d'une importance capitale. On peut alors définir un poids moléculaire pour des sels en dissolution, et appliquer aux solutions les lois de la thermo-dynamique.

Or il est tout à fait remarquable que *les parois cellulaires sont à peu près les seules qui permettent aux échanges osmotiques de s'effectuer* : voilà ce qui fait d'un autre côté l'importance de la notion de pression osmotique en physiologie. Il est assez naturel d'en conclure que l'étude physique ou chimique des faits physiologiques doit se baser sur la considération de la pression osmotique.

Étude physico-chimique de l'immunité.

C'est ce qu'ont fait récemment *Sv. Arrhénius* et *Th. Madsen* en étudiant au point de vue physico-chimique la question si actuelle et si intéressante de l'immunité.

Il se trouve en effet que *les alcalis jouissent d'un pouvoir hémolytique très net*; d'autre part *une toxine, la tétanolysine, jouit du même pouvoir*. L'étude comparative des deux classes de corps promettait d'être fort suggestive, d'autant qu'à la tétanolysine correspond une *antitoxine*, dont on pourra étudier l'effet sur la première. On sait que l'antitoxine neutralise *physiologiquement*, si j'ose ainsi dire, l'effet nocif de la toxine : nous allons voir ce qu'il en est au point de vue chimique.

Le dispositif expérimental était simple : on préparait des globules rouges, qu'on mettait en suspension dans une solution de sel marin assez concentrée (0 gr. 85 p. 100) pour que l'hémolyse n'ait pas lieu; on ajoutait une quantité connue de cette émulsion à une quantité connue d'un corps hémolysant en solution (alcali ou toxine). On maintenait le mélange une heure à 37°. Il y avait en général hémolyse *partielle*. On refroidissait alors à 0°, température à laquelle l'hémolyse progresse très lentement et cesse bientôt, les globules tombant au fond du vase. Enfin le degré d'hémolyse était mesuré d'après l'intensité de la coloration rouge obtenue, comparée à une échelle arbitraire.

Bases alcalines et tétanolysine agissent de même; l'hémolyse croît très rapidement quand on augmente la quantité de chacune d'elles qui agit sur une même quantité de sang. Les expériences sont un peu troublées par le fait que les bases paraissent s'unir aux globules rouges. Ce fait existe aussi pour la tétanolysine, mais beaucoup moins marqué.

L'étude de la *vitesse de réaction* conduit aussi à des résultats intéressants. Dans les réactions chimiques ordinaires, quand la température augmente de 10°, la vitesse de réaction (masse combinée ou décomposée dans l'unité de temps) croît de 2 à 1 (saponification de l'acétate d'éthyle par les bases) ou de 4 à 1 (inversion du sucre de canne par un acide). Or les variations de l'action hémolytique de la tétanolysine, quand la température croît de 10°, sont dans le rapport de 3 à 1. *L'analogie est donc très nette avec les phénomènes purement chimiques.*

La présence de divers sels en solution a une action marquée sur le pouvoir hémolysant des bases. Cette action est *retardatrice*. Pour l'étudier, on empêche l'hémolyse des globules rouges en les mettant en suspension dans une solution convenablement choisie de sucre de canne. Ici la tétanolysine agit différemment. Son pouvoir hémolysant est excité par la présence de sels.

Au point de vue physiologique, il est du plus haut intérêt de savoir si l'hémolyse est influencée par l'*albumine pure* et surtout par le *sérum*. Le pouvoir hémolysant des bases est très légèrement diminué par l'albumine pure, mais celui de la tétanolysine subit de ce chef une réduction beaucoup plus considérable. Quant au *sérum normal* de cheval, son action anti-hémolysante est telle qu'elle se fait déjà sentir à la dose de 1/1 000 000e. En masse plus grande, il exerce une action neutralisante que ses caractères permettent, nous allons le voir, de rapporter à une antitoxine.

Action de la toxine sur l'antitoxine.

Pour étudier l'action de la toxine sur l'antitoxine, on ajoute n cmc. d'une solution d'antitoxine à 2 cmc. d'une solution de toxine, on étend de $2-n$ cmc. d'eau et on cherche le nombre x de cmc. de cette solution nécessaire

pour produire sur une quantité fixe d'émulsion de globules une hémolyse d'intensité donnée. Ce nombre x augmente évidemment avec n, puisque, moins la solution devient active, plus il faut en employer. Les nombres obtenus par l'expérience sont traduits graphiquement par des croix sur la figure ci-dessous. La courbe continue y est tracée d'après une équation qui représente l'équilibre chimique qui se produit dans une réaction mettant en jeu deux molécules différentes se combinant pour former une troisième molécule. On voit que l'accord est excellent au début de la courbe. S'il y a quelques divergences à la fin, c'est que les réactions mettent un si long

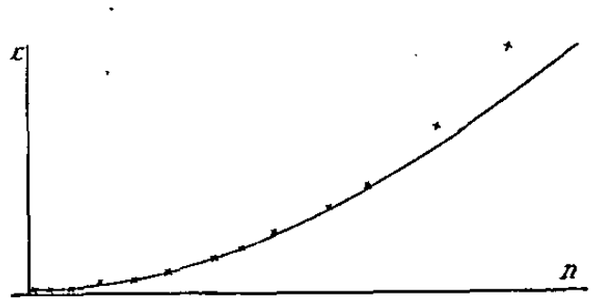


FIG. 1. — ACTION DE LA TOXINE SUR L'ANTITOXINE.

temps pour être complètes que l'équilibre n'est plus atteint.

Pour rendre plus frappante l'analogie, les auteurs ont étudié par une méthode identique à la précédente les variations d'hémolyse sous l'influence d'un mélange d'acide borique et d'ammoniaque. L'identité des résultats, figurés sur le schéma ci-dessous, est manifeste. L'action de la toxine sur l'antitoxine correspond donc à une *véritable neutralisation chimique incomplète*, comme celle qui se produit entre une base *faible* et un acide *faible*. Il y a évidemment

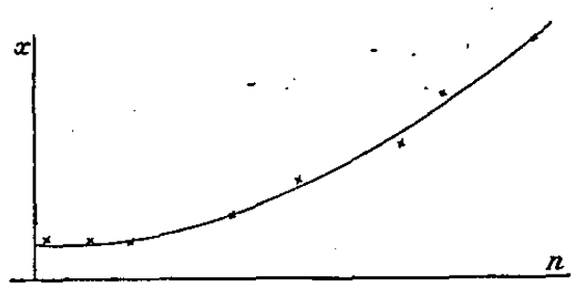


FIG. 2. — ACTION DE L'ACIDE BORIQUE SUR L'AMMONIAQUE.

union molécule à molécule de la toxine et de l'antitoxine pour former un corps inconnu. On peut calculer, au moyen des formules de la thermo-dynamique et des données de l'expérience, la quantité de chaleur dégagée dans cette union. On trouve, ce qui confirme encore la théorie, 6 000 calories, à peu près la moitié de la chaleur de neutralisation d'un acide fort par une base forte.

Analogie des enzymes avec les catalysateurs minéraux.

Nous allons retrouver dans un autre domaine cette analogie entre le mode d'action de substances organiques et inorganiques, entre les phénomènes physiologiques et les phénomènes chimiques.

On sait ce que c'est qu'un corps *catalysateur*. C'est *un corps qui modifie la vitesse d'une réaction chimique, quoique étant en très petite masse et se retrouvant inaltéré au terme de la réaction*. Ainsi l'alcool n'agit que très lentement sur l'oxygène : en présence de mousse de platine, cette action est beaucoup plus rapide et il se forme des quantités appréciables d'acide acétique. Voilà l'exemple d'un catalysateur inorganique. La même réaction possède aussi son catalysateur organique : le « mycoderma aceti » transforme également rapidement l'alcool du vin en acide acétique.

On a cru d'abord que cette dernière action était purement organique. Mais Büchner a montré que de la levûre de bière on extrayait un corps, une *enzyme*, qui, chimiquement préparé, produisait aussi la fermentation. Depuis on a trouvé de nombreuses enzymes. Une réaction nette manquait pour rendre facile leur étude qualitative. *Schönbein* a le premier signalé le fait que toutes les enzymes décomposent l'eau oxygénée. M. *Senter* vient de montrer que cette propriété appartient à une enzyme spéciale, qu'il a extraite de l'hémoglobine du sang et que pour cette raison il a appelée *hémase*.

De la quantité d'au oxygénée décomposée on peut déduire l'intensité de l'action de cette hémase et chercher comment varie cette action avec la température, la concentration ou la présence de corps étrangers dans la dissolution. M. Senter en arrive à cette conclusion qu'il y a *une analogie assez nette entre l'action de cette hémase, catalysateur organique, et celle de la mousse de platine, catalysateur inorganique qui décompose également l'eau oxygénée*. Il nous faut bien avouer que des analogies existent en effet, mais qu'on rencontre également des différences importantes dans les deux actions, et que la question mérite d'être examinée de nouveau.

Quoi qu'il en soit, il semble bien que plus on avance, plus les phénomènes de la vie paraissent se ramener à des processus chimiques. La question brûlante à résoudre serait de connaître la constitution de ces enzymes et de ces toxines. Mais il y a une difficulté considérable d'abord à obtenir purs des corps non susceptibles de cristalliser, et ensuite à analyser des substances aussi complexes. Néanmoins nous voilà ramenés de l'action microbienne, qui paraissait purement biologique, à celle de la toxine et de l'enzyme, qui se fait suivant les lois ordinaires de la chimie. Un champ fertile est ouvert aux savants s'ils cherchent à appliquer à la physiologie les méthodes de la chimie physique.

CH. LEENHARDT,
Agrégé de l'Université,
Préparateur à la Sorbonne.

Radioactivité atmosphérique. — A ceux de nos lecteurs qui nous ont fait l'honneur de s'intéresser à nos articles sur la radioactivité et la matière, nous croyons devoir signaler un travail tout récent de *M. H. Lester Cooke*, fait à l'Université de Montréal. L'auteur a étudié l'*ionisation spontanée* de l'air, en dehors de toute substance radioactive connue. Il montre qu'en entourant l'électroscope d'une caisse en feuille de plomb épaisse, l'ionisation spontanée de l'air à l'intérieur de cette caisse diminue de *un tiers environ*. Un tiers de l'ionisation spontanée paraît donc due à la présence dans l'atmosphère d'une radiation très pénétrante, analogue à celle du radium et *existant partout dans les conditions ordinaires*. Les deux autres tiers de cette ionisation spontanée sont probablement dus, d'après l'auteur, au fait que *toutes les substances* produisent une radiation assez peu pénétrante. L'intensité de cette radiation est très faible pour le laiton. Il est donc impossible de supprimer, dans un appareil quelconque, l'ionisation spontanée. M. Cooke est seulement arrivé à réduire de 14 à 5 le nombre d'ions produits par cmc. et par seconde dans l'air à la pression atmosphérique. CH. L.

Bulletin Météorologique

Novembre 1903.

Une aire de fortes pressions a persisté sur l'Europe du 1er au 13 novembre et les dépressions n'ont affecté que l'extrême nord ou l'extrême sud. Le maximum barométrique s'est tenu le plus souvent sur l'ouest du continent; il a atteint des valeurs assez élevées, 777 mm. du 5 au 7 sur les Pays-Bas. A Paris le baromètre a atteint 774 mm. 7 dans la soirée du 5; c'est la plus grande hauteur notée dans le mois.

L'état du temps, en France, a été lié à la situation du maximum barométrique : Du 4 au 8, le maximum se trouve au nord ou au nord-est de nos régions; le vent souffle des régions est, le ciel est beau, la température baisse fortement et descend au-dessous de 0° le matin, dans le nord, l'est et le centre. A partir du 8, le maximum se déplace vers le sud; les courants d'ouest s'établissent d'abord dans le nord de la France, puis dans les autres régions, en amenant un réchauffement progressif qui n'est complet que le 10. En même temps le ciel se couvre, de faibles pluies tombent dans le nord et l'est.

Dans la région parisienne, le thermomètre est descendu au-dessous de 0° sur divers points le 1er, et du 6 au 9. A l'observatoire du Parc Saint-Maur, les moyennes thermiques ont été inférieures aux valeurs normales du 6 au 9, supérieures les autres jours; l'excès a été de 5° le 11.

Le réchauffement du 10 au 12 a coïncidé avec l'*Eté de la Saint-Martin* et a donné raison, au moins cette année, au vieux dicton. Celui-ci se vérifie d'ailleurs bien irrégulièrement. La courbe donnée par M. Renou, dans son *Étude sur le climat de Paris*, pour représenter la marche annuelle de la température, courbe basée sur 130 années d'observations, ne montre pas de réchauffement appréciable vers le 11 novembre; il en est de même des courbes thermiques de Vienne et de Breslau résultant également de longues séries d'observations. Notons en passant que le dicton est très ancien; sans vouloir remonter plus haut, Mariotte en parle dans son *Traité du mouvement des eaux*; il en donne même une explication, d'ailleurs assez confuse, basée sur le déplacement des vents.

Du 14 au 30 novembre, la situation atmosphérique a été complètement différente de ce qu'elle avait été pendant la première partie du mois. Le changement a commencé le 14 par l'arrivée d'une dépression assez profonde sur le nord-ouest de l'Europe; cette dépression s'est étendue vers le sud, tandis que les fortes pressions se retiraient d'un côté sur la péninsule ibérique, de l'autre sur la Russie. Le baromètre est ensuite resté bas dans le nord et l'ouest de l'Europe. Des minima importants ont traversé l'extrême nord; le 21, l'un d'eux atteint la Laponie; le baromètre descend à 726 mm. à Bodo, tandis qu'il marque 776 mm. à la Corogne. Il en résulte un gradient élevé et une très violente tempête du nord-ouest sur les Iles-Britanniques, la mer du Nord et la France. Du 22 au 26, les fortes pressions dominent dans l'ouest, tandis que les dépressions passent sur la Scandinavie.

Le 27, deux dépressions peu étendues apparaissent l'une sur l'Irlande, la seconde près de l'Écosse. La première se déplace rapidement vers l'est en se creusant; le lendemain, on trouve son centre près d'Utrecht où le baromètre marque 731 mm. après une baisse de 31 mm. en vingt quatre heures. La seconde dépression a suivi une marche complètement différente : le 28, le minimum se trouve un peu plus au sud, près de Parsonstown; le 29, la dépression passe sur la Manche et enfin, le 30, elle atteint le sud de la France. Le passage de ces deux dépressions a été accompagné d'une très violente tempête sur tout l'ouest de l'Europe. Dans la journée du 28, la mer était démontée sur nos côtes et on a eu de nombreux sinistres à déplorer. A la tour Eiffel, la vitesse du vent a atteint 35 m. par seconde, le 27 à 10 heures du soir. A l'arrière de la seconde dépression, le vent a tourné au nord-est, la température a baissé rapidement et la neige est tombée abondamment dans nos régions du nord et de l'ouest. A Paris, la neige, dont c'était la première apparition, a commencé à tomber le 29 vers minuit et a persisté pendant toute la journée du 30. Des pluies extrêmement abondantes sont tombées le 29 et le 30 sur la Méditerranée : à Alger on a recueilli 128 mm. d'eau du 29 à 7 heures du matin au 1er décembre à la même heure.

On a compté pendant tout le mois, au Parc Saint-Maur, 16 jours pluvieux, mais les averses ont généralement été faibles; la hauteur totale d'eau recueillie n'est en effet que de 37 mm. La température moyenne du mois, 7°,0, est supérieure de 0°,5 à la normale; il y a eu six jours de gelée avec un minimum absolu, observé le 20, de — 2°,1. Le baromètre a oscillé entre 774 mm. 7, maximum du 5, et 739 mm. 4, minimum du 30; l'amplitude a donc été de 34 mm. 7, c'est une des plus élevées que l'on connaisse.

CH. GOUTEREAU.

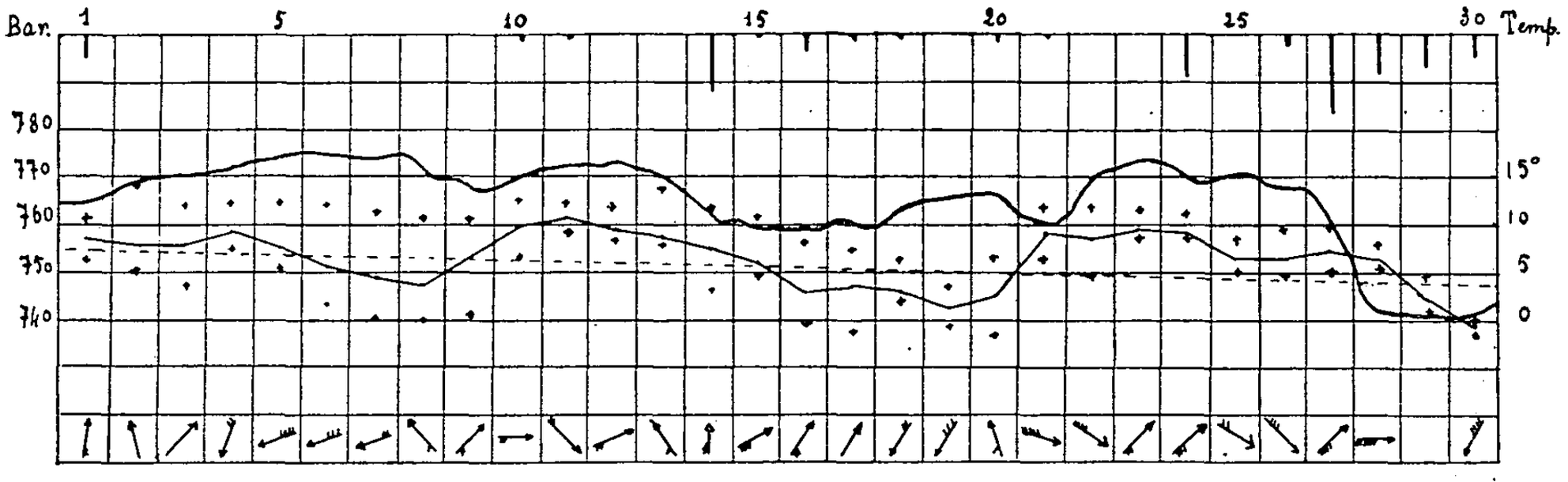


DIAGRAMME DES OBSERVATIONS DU PARC SAINT-MAUR. — NOVEMBRE 1903.

(D'après le *Bulletin international* du Bureau central météorologique.)

La courbe du trait plein représente la marche du baromètre, ramené au niveau de la mer. — Les croix indiquent les températures maxima et minima; les points reliés par des traits fins, les températures moyennes de chaque jour. — La courbe pointillée donne la température normale de chaque jour du mois. — La direction du vent est figurée par des flèches, la force par le nombre de pennes, 0 (calme) à 9 (tempête). — Les traits gras verticaux partant du haut donnent la hauteur des pluies (1 mm. pour 1 m. d'eau).

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Le Gérant : MAX DELAGRAVE.

INDEX ALPHABÉTIQUE

		Pages
A		
Accommodation de l'œil. (4 gravures.)	Paillot et Jarias	200
Acide sulfhydrique (Appareil à production continue de l'—). (1 gravure.)	A. Abert	201
— sulfurique (La fabrication de l'—; son histoire). (3 gravures.)	Lemoult	373
Adrénaline et cocaïne	Dr P. Portier	236
Aéromoteurs (Les —). (5 gravures.)	A. de Graffigny	332
Agriculture (L') au Parlement	L. Gizolme	331
Albatros (Les —). (3 gravures.)	J. Boyer	286
Alcool (Congrès de l'—)	L. Gizolme	171
Alcool dénaturé (Usages industriels et domestiques de l'—). (12 gravures)	C. Janvier	269
Alimentation rationnelle du bétail (Congrès de l'—)	L. Gizolme	203
Aluminothermie. (9 gravures.)	C. Matignon	247
Appell Paul (Le nouveau doyen de la Faculté des Sciences de Paris) (1 gr.)	G. Maneuvrier	129
Argent colloïdal	Dr P. Portier	15
Arsenic (Son existence normale chez les animaux). (1 gravure.)	—	47
Atomes (Poids des —)	Ch. Leenhardt	29
Automobiles (Les — au dernier Salon). (11 gravures.)	C. Bourlet et Gr. de Guiche.	10
Azote atmosphérique (Utilisation de l'—)	L. Gizolme	330
B		
Bateau-tramway (Un —). (1 gravure.)	J. Boyer	202
Benoit René et le Bureau international des poids et mesures. (7 gravures.)	G. Maneuvrier	177
Biologie (La — des animaux marins de grande profondeur). (6 gravures.)	L. Joubin	122
Blé (Les prix du —). (2 gravures.)	L. Gizolme	297
Bulletins météorologiques. — Janvier, 32. — Février, 80. — Mars, 112. — Avril, 144. — Mai, 176. — Juin, 208. — Juillet, 240. — Août, 272. — Septembre, 304. — Octobre, 336. — Novembre, 400. — (10 gravures.)	Ch. Goutereau.	
Bunau-Varilla (Le traité Hay —). (2 gravures.)	G. Maneuvrier	337
C		
Canon électrique (Un —). (4 gravures.)	A. Magnan	284
Canons paragrêles (Les —)	A. Guillet	296
Capillarimètre	—	394
Capillarité (Expériences de —). (3 gravures.)	—	73
Carbone des plantes vertes (Origine du —). (1 gravure.)	M. Molliard	361
Cerfs-volants (Les). (4 gravures.)	Léo Claretie	260
Chasse aux insectes (Nouvel appareil pour la —). (1 gravure.)	H. Coupin	239
Chauffage électrique rationnel. (6 gravures.)	Lévylier	364
Chimie (Les progrès de la —)	C. Chabrié	21
Chirurgie contemporaine (La — et les blessures du cœur). (5 gravures.)	Dr Dartigues	288
Chlore (Combustion dans le —). (2 gravures.)	M. Crosnier	352
Chlorure stanneux	A. Abert	234
Chromographe. (1 gravure.)	G.-H. Niewenglowski	109
Cirques lunaires. (Les — sont-ils des volcans?). (8 gravures.)	P. Puiseux	92
Classification (Caractères éthologiques appliqués à la —). (1 gravure)	M. Molliard	76
Clichés dessinés pour projections (Préparation des —)	P. Merlin	353
Coloration (Changements de — chez les animaux). (3 gravures.)	Dr Mandoul	43
Combustion de l'ammoniaque par l'acide nitrique. (1 gravure.)	M. Crosnier	131
Concours général agricole de Paris. (3 gravures.)	L. Gizolme	169
Conservatoire national des Arts et Métiers (Le —; laboratoire d'essais). (6 gr.)	P.-C. Raveau	305
Contretypes par surexposition (Photogr.). (3 gravures)	G.-H. Niewenglowski	77
Convection (Sur le courant alternatif de —)	A. Guillet	296
Couleurs (La photographie des —). (1 gravure.)	G. Lippmann	145
D		
Décarburation des aciers, miroirs métalliques. (1 gravure.)	A. Guillet	268
Décharge électrique (Mouvements qui animent la — à travers les gaz raréfiés)	—	75
Dehérain (Travaux scientifiques de —). (1 gravure.)	L. Maquenne	8
Dessin géographique (Évolution du —). (4 gravures.)	A. de Lapparent	113
Destruction des animaux nuisibles par empoisonnement	H. Coupin	111
Diabète pancréatique (Les récentes recherches sur le —)	Dr P. Portier	108
Diffraction et Interférence (Appareil simple pour observer la —)	Soc. Physique, 5 déc. 1902	200
Dilatation (Expériences sur la —). (2 gravures.)	A. Guillet	19
Douane (Droits de —)	L. Gizolme	298

Index alphabétique.

E

		Pages.
Eaux souterraines (Leur enfouissement et le dessèchement de la terre). (9 gr.)	**E.-A. Martel**	154
Ebullition (Expériences sur l'—). (1 gravure.)	**A. Guillet**	18
Éclairage du laboratoire (L'—)	**G.-H. Niewenglowski**	109
Electrolyse des vapeurs de sels alcalins. (2 gravures.)	**Ch. Leenhardt**	78
Emeraude (Reproduction de l'—). (1 gravure.)	**Ad. Perrey**	254
Enseignement secondaire (Les sciences dans l'—)	**J. Hadamard**	70
Enseignement expérimental des sciences simplifié	**G. Maneuvrier**	17
Equipage magnétique (Nouvel — à aiguille verticale)	**Ac. des Sciences**	132
Espèce végétale (Création expérimentale d'une nouvelle —). (2 gravures.)	**M. Molliard**	22
Etincelle de rupture. (1 gravure.)	**O. Jullien**	233
Expéditions polaires (Les — et les navires brise-glace). (5 gravures.)	**J. Semenov**	279
Expérience manquée (Une —). (5 gravures.)	**L. Boutan**	104

F

Fabriques de produits chimiques (Moyens d'assurer la sécurité du travail dans les —). (10 gravures.)	**C. Chabrié**	226
Farine et pain (Augmentation de la —)	**L. Gizolme**	297
Fécondation croisée (Technique de la —)	**H. Coupin**	142
Force élastique maxima des vapeurs (Effets de la —). (1 gravure.)	**A. Tampier**	322

G

Gaz carbonique (Solidification du —). (1 gravure.)	**L. Godeau**	291
Géologie (L'enseignement de la — au lycée)	**E. Haug**	385
Grenouilles en expérience. (1 gravure.)	**H. Coupin**	174

H

Hautefeuille (Les travaux de Paul —). (3 gravures.)	**Ad. Perrey**	97
Hauts fourneaux (L'utilisation des gaz des — pour la production de l'électricité). (3 gravures.)	**L. Drin**	339
Hémolyse des globules rouges du sang	**Ch. Leenhardt**	398
Hydrostatique (Transmission des pressions). (1 gravure.)	**Amaudrut**	353
Hydrosulfites (Composition et préparation des —)	**C. Chabrié**	22
Hygromètre chimique. (1 gravure.)	**M. Laureau**	233
Hyperbole de transparence	**A. Guillet**	395
Hyperthermie (Mécanisme de la mort dans l'—)	**Dr P. Portier**	168

I

Immunité (Étude physico-chimique de l'—)	**Ch. Leenhardt**	398
Importations étrangères (Influence des —)	**L. Gizolme**	298
Incandescence par le gaz (Appliquée à l'éclairage des chemins de fer). (2 gr.)	**C. Chabrié**	358
Injections d'argent métallique	**H. Coupin**	31
Iodure mercurique jaune (Sur les cristaux d'—)	**A. Guillet**	296
Ionisation des solutions et des gaz. (1 gravure.)	**Ch. Leenhardt**	78
Isolant remplaçant la résine	**M. Laureau**	259

J

Jet d'eau dans le vide	**J. Beffeyte**	103

K

Katatypie	**G.-H. Niewenglowski**	172
Kermès-coquille (Destruction du —). (1 gravure.)	**H. Coupin**	142

L

Levûre de bière et variole	**H. Coupin**	174
Liquide céphalo-rachidien (Recherches sur le —)	**Dr P. Portier**	108
Liquéfaction de l'émanation. (1 gravure.)	**Ch. Leenhardt**	237
Livres (Les mangeurs de —). (9 gravures.)	**H. Coupin**	204
Locomotives (Les — à très grandes vitesses en Allemagne). (4 gravures.)	**L. Drin**	117
Longs-courriers aériens (Les —). (2 gravures.)	**E. Deburaux**	223
Looping the Loop (Le passage de la boucle). (2 gravures.)	**Carlo Bourlet**	88
Ludion simplifié. (1 gravure.)	**Aug. Cassou**	323
Lumière (Lois de la réflexion de la —). (3 gravures.)	**A. Mullon**	386
— (Décomposition et recomposition de la —)	**A. Jolly**	387
— oxyhydrique (Production de la —). (1 gravure.)	**A. Tampier**	323

Index alphabétique.

M

		Pages.
Machines frigorifiques (Les —). (5 gravures.)	E. Bouant	273
Magnésium (Sa combustion dans la vapeur d'eau). (1 gravure.)	S. Métral	259
Maladies (Du rôle des insectes dans la transmission des —). (4 gravures.)	Dr Mandoul	378
Matières radio-actives (La vie des —)	Ch. Leenhardt	238
Menthol et migraine	H. Coupin	174
Métallographie (La — et les essais mécaniques). (22 gravures.)	L. Guillet	148
Miroir plan (Symétrie de l'image par rapport à l'objet). (1 gravure.)	E. Tournon	200
Mise au point (Sur une méthode de —). (2 gravures.)	G.-H. Niewenglowski	141
Mont Pelée (Les gaz des fumerolles du —). (2 gravures.)	H. Moissan	1
Moulages transparents (Photographie par —). (4 gravures.)	G.-H. Niewenglowski	396
Moyennes en Météorologie (De la légitimité des —)	A. Guillet	268
Mucédinées (Le zinc est-il un aliment des —?)	M. Molliard	77
Munier-Chalmas (L'homme et le savant). (5 gravures.)	L. Pervinquière	369
Musées industriels en Allemagne (Les —). (4 gravures.)	P. Lemoult	217
Muséum d'Histoire naturelle (Le — avant la Révolution). (7 gravures.)	Ed. Perrier	81

N

Navigation aérienne en 1903 (La —). (6 gravures.)	H. de Graffigny	194

O

Obésité (Traitement de l'—)	H. Coupin	174
OEil artificiel. (1 gravure.)	L. Benoist	72
OEufs (Les animaux qui mangent les —). (1 gravure.)	H. Coupin	111
Orchidées (Synthèse des plantules d'—). (3 gravures.)	M. Molliard	328
Oxygène (Préparation de l'—). (1 gravure.)	M. Lœffel	323

P

Paludisme et moustiques. (4 gravures.)	Dr E. Sergent	312
Panama et Nicaragua. (31 gravures.)	Ph. Bunau-Varilla	49
Panama sur Nicaragua (La victoire définitive de —). (2 gravures.)	G. Maneuvrier	337
Pendule de Foucault simplifié (Le —)	Ac. Sciences	19
Perles (Origine des —). (1 gravure.)	R. Perrier	392
Perturbation magnétique au 31 octobre 1903. (1 gravure.)	Ch. Goutereau	368
Pesanteur de l'air (Expérience sur la —). (1 gravure.)	J. Beffeyte	103
Pétrole (Le — et le gaz naturel de Bakou). (6 gravures.)	J. Semenov	186
Phénol (Transformations du —). (3 gravures.)	Ch. Leenhardt	28
Phénomènes géologiques (Le cycle des —). (5 gravures.)	E. Haug	343
Phosphore (Moyen simple de l'obtenir en bâtons de divers diamètres). (1 gr.)	M. Birhans	163
— (Moulage du —). (1 gravure.)	C. Lacharme	322
Photogrammes (Nouveau mode d'obtention à la gomme bichromatée). (2 gr.)	G.-H. Niewenglowski	110
Photographie (La — est-elle un art?). (6 gravures.)	—	293
— trichrome (La —). Appareil de M. Prieur. (1 gravure.)	A. Guillet	25
Photométrie hétérochrome	—	395
Photorama (Le —) (9 gravures.)	J.-F. Bois	316
Phototypes faibles (Tirage des —)	G.-H. Niewenglowski	141
— (Action de la chaleur sur les —). (4 gravures.)	—	26
— (Pelliculage des —)	—	173
Phthiriose de la vigne (La —)	M. Molliard	328
Pilotis (Protection des — contre les tarets)	H. Coupin	142
Plante fourragère (Nouvelle —)	—	174
Plantes alpines et arctiques (Caractères réalisés expérimentalement). (12 gr.)	G. Bonnier	33
Plomb radioactif (Le —)	A. Guillet	268
Poissons (Appareil pour l'élevage des —). (1 gravure.)	H. Coupin	30
— vénéneux (Les —). (9 gravures.)	—	388
Poule (Modifications déterminées par le régime carnivore chez la —). (1 gr.)	R. Perrier	20
Pouvoir absorbant calorifique (Expérience sur le —). (2 gravures)	J. Wund	162
Précipitines (Les —)	Dr P. Portier	235
Préparations bichromatées (Augmentation de la stabilité des —)	G.-H Niewenglowski	332
Pression due au choc	A. Guillet	394
Pressions (Transmissions des — par des liquides superposés). (1 gravure.)	L. Benoist	73
Principe d'Archimède (Vérification dans le cas des gaz). (2 gravures.)	S. Métral	259
Projections stéréoscopiques	G.-H. Niewenglowski	204
Propagation de la chaleur (Influence du champ magnétique sur la —). (1 gr.)	A. Guillet	267
Prophylaxie sanitaire (Un essai de —)	Dr Burlureaux	349
Proposition	A. Guillet	73
Proverbes météorologiques	Ch. Goutereau	184
Psychologie animale. (5 gravures.)	G. Bohn	354
Purification physique de l'hydrogène par le froid	A. Guillet	268
Pyrale (Destruction de la —). (2 gravures.)	H. Coupin	143

R

		Pages.
Radioactivité (Étude de la —). (1 gravure.)	Ch. Leenhardt	138
— induite (Cause, transmission de la —). (1 gravure.)	—	236
— de l'atmosphère. (1 gravure.)	—	238
Radium (Chaleur dégagée par le —)	A. Guillet	75
Rayons cathodiques et rayons-canal. (1 gravure.)	Ch. Leenhardt	79
— N (Propriétés des —). (1 gravure.)	A. Guillet	266
— N (Nouvelles propriétés des —)	—	360 et 395
— X (Vitesse des —)	—	24
— X (Polarisation des —). (2 gravures.)	—	74
Repassage mécanique (Atelier de —). (3 gravures)	N. Gréhant	241
Réponse à la proposition expérimentale du n° 2	L. Baillif	131
Résistance électrique du selenium (Influence des diverses radiations sur la —). (1 gravure.)	A. Guillet	267
Réticule d'une lunette (Préparation d'un —). (4 gravures.)	Ac. Sciences	234
Révélateurs nouveaux (1° au pyrogallol, 2° au métoquinone)	G.-H. Niewenglowski	110 et 140

S

Sardine (La —). (8 gravures.)	L. Dantan	64
Sequoias géants. (2 gravures.)	J. Boyer	229
Short Horn (Don du roi d'Angleterre). (2 gravures.)	H. Boileau	363
Siphon renversé. (1 gravure.)	S. Métral	259
Source de Bordeu (La —)	C. Chabrié	22
Sourds-muets et aveugles (La science au service des). (2 gravures.)	E. Dussaud	324
Spinthariscope (Le — de sir W. Crookes)	A. Guillet	394
Stéréoscopie avec un seul négatif. (3 gravures.)	G.-H. Niewenglowski	172
Substances albuminoïdes dextrogyres	Dr P. Portier	236
Surfusion	Ch. Leenhardt	29

T

Tamisage électrique	A. Guillet	26
Télégraphie sans fil à travers l'Atlantique (La —). (2 gravures.)	G. Ferrié	4
— — (État actuel et avenir de la —). (11 gravures.)	—	133
— — (La conférence Internationale de —)	—	383
Températures de combinaison des diverses formes de carbone avec l'oxygène	C. Chabrié	22
Tératologie et traumatisme	M. Molliard	330
Théodolithe de démonstration. (2 gravures.)	E. Pouthier	132
Thorium (Emanation du —). (1 gravure.)	Ch. Leenhardt	139
Tiges naissant sur les racines	M. Molliard	329
Tourniquet à l'eau et au gaz. (1 gravure.)	C. Lacharme	292
— à vapeur. (1 gravure.)	P. Jossot	322
— hydraulique. (1 gravure.)	E. Vuillet	163
Toxine (Action de la — sur l'antitoxine). (2 gravures.)	Ch. Leenhardt	398
Transformation du travail mécanique en chaleur. (1 gravure.)	Th. Nogier	132
Transmetteur microphonique de précision. (1 gravure.)	—	291
Transparence de la matière pour les rayons X (Lois de —). (8 gravures.)	L. Benoist	209
Travailleur et *Talisman* (Résultats scientifiques des campagnes du —). (9 gr.)	R. Perrier	164
Trioxylméthylène (Emploi en photographie du —)	G.-H. Niewenglowski	27
Trompe à eau (Construction et usages). (3 gravures.)	A. Bombois	233
Truffe (Culture de la —). (2 gravures.)	M. Molliard	257

U

Unité morphologique des plantes vasculaires. (1 gravure.)	M. Molliard	167
Uranium (Rayons de l'—)	Ch. Leenhardt	138

V

Vins (La verdeur des —)	H. Coupin	31
Voile dichroïque (Destruction du —)	G.-H. Niewenglowski	361
Voltamètre (Construction d'un —)	J. Beffeyte	103
Watt (Principe de —). (1 gravure.)	M. Laureau	201

Coulommiers. — Imp. Paul BRODARD.